

客运专线板式无砟轨道

设计及施工要点介绍

中国铁道科学研究院

二〇〇八年十一月

一. CRTS I型板式无砟轨道结构

二. CRTS II型板式无砟轨道结构

一. CRTS I型板式无砟轨道结构

(一) CRTS I型板式无砟轨道轨道结构发展

(二) CRTS I型板式无砟轨道轨道结构设计

1. 路基石结构设计

2. 桥上结构设计

3. 隧道内结构设计

4. 过渡段设计

5. 轨道板设计

(三) 施工中应注意的问题

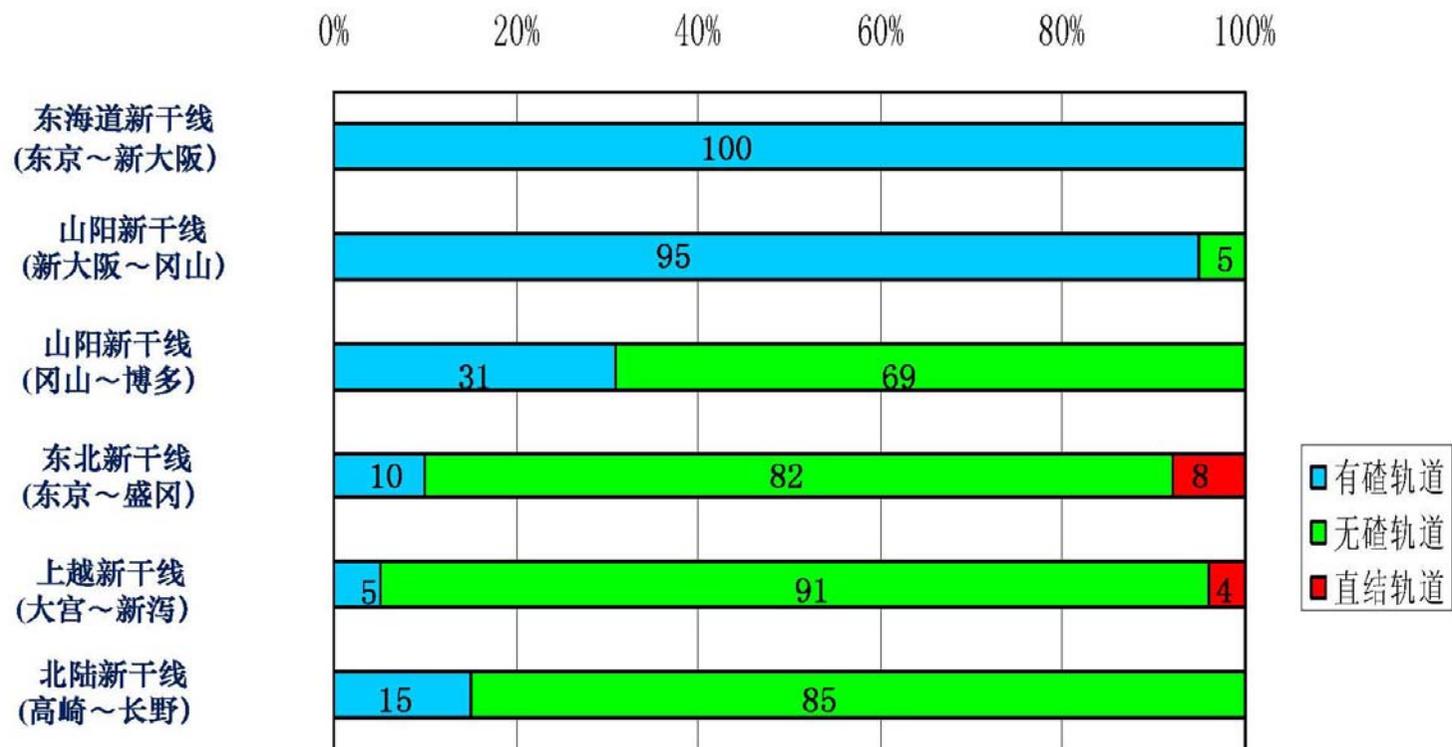
(四) CRTS I型板式无砟轨道通用图介绍

(一) CRTS I型板式无砟轨道轨道结构发展

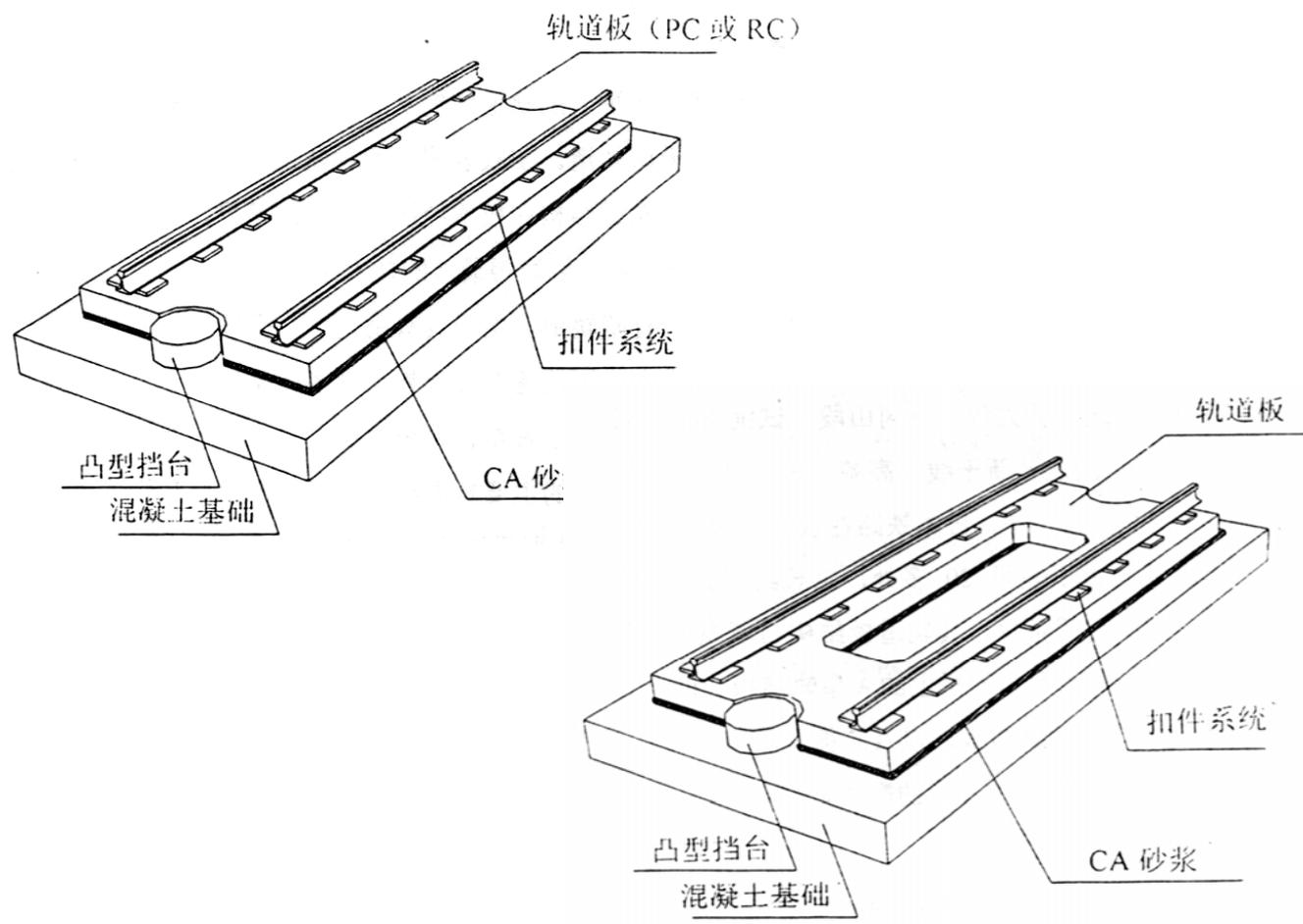
1. 日本新干线

- ◆ 从60年代开始致力于无砟轨道的试验研究，目前累计铺设里程已达2700多km（其中新干线约1600多km），为世界上无砟轨道技术发展最为成熟、铺设数量最多的国家；
- ◆ 通过大量的试验研究和工程实践，日本最终形成了高速铁路板式无砟轨道设计、制造、施工、养护维修等成套技术；

日本新干线无砟轨道所占比例



- ◆ 日本无砟轨道最初铺设在隧道内，以后逐渐扩大到桥梁和路基上。山阳、东北、上越、北陆、九州等新干线全部桥梁、隧道及部分路基区段均铺设了无砟轨道；
- ◆ 日本板式轨道研发过程中，曾提出多种板式轨道结构设计方案。如M型、L型、RA型、A型等，建立了20多处近30多km的无砟轨道试验段，最终定型采用A型板式轨道结构。



2. 国内板式无砟轨道的发展

我国铁路无砟轨道结构的研究始于上世纪60年代中期，经历了以下几个发展阶段：

1965~1985 普通铁路无砟轨道结构的早期研发与应用



1995~2004 高速铁路无砟轨道结构的前期研究与小规模试铺



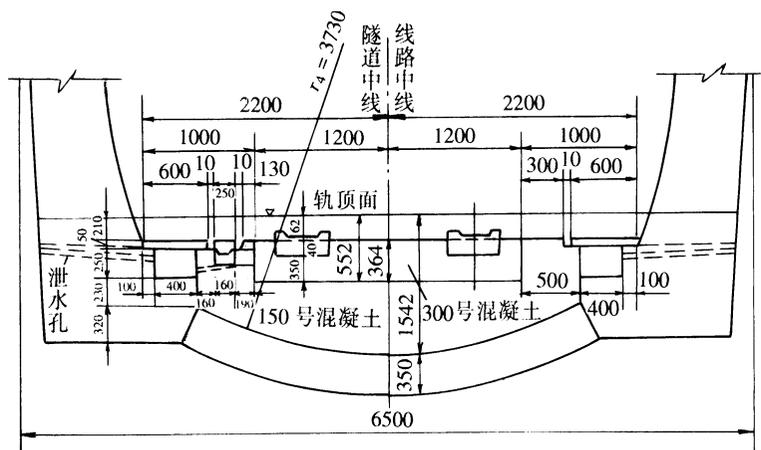
2004~2005 遂渝线无砟轨道试验段成区段试铺



2005~ 客运专线国外无砟轨道技术的引进

(1)1965~1985 普通铁路无砟轨道结构的早期研发与应用

- ◆在隧道内、大型客站、货物装卸线上铺设各种形式的无砟轨道约300 km。结构型式主要有混凝土支承块式、板式以及沥青混凝土铺装层与宽枕组成的整体道床



隧道内混凝土支承块式



九江长江大桥引桥上无砟无枕式

- ◆ 由于无砟轨道初期造价较高，线下基础的处理水平、制造和施工的技术水平和管理水平相对较低，个别地段出现了由于基础沉降引起轨道结构的损坏问题，导致在无砟轨道系统研究和推广应用方面的认识程度不一，1985~1995这十年时间，无砟轨道的研究与应用几乎停顿，在一定程度上延缓了无砟轨道的发展进程

(2) 1995~2004 高速铁路无砟轨道结构的前期研究与小规模试铺

◆ “九五”期间，高速铁路无砟轨道结构的前期理论研究和初步设计

“高速铁路无砟轨道结构设计参数的研究”

“高速铁路高架桥上无砟轨道关键技术的试验研究”

◆ 先后在以下线路进行了小规模试铺：

— 秦沈线两座特大桥上（双何桥、狗河桥）；

— 赣（赣州）龙（龙岩）线枫树排隧道（719m）；

桥上和隧道内的小规模试铺（2001~2004年）



赣龙线枫树排隧道内

秦沈线桥上

(3) 2004~2005 遂渝线无砟轨道试验段成区段试铺

- ◆ 首次在路基、桥上、隧道内试铺了板式无砟轨道结构
- ◆ 受线路条件限制，试验最高速度230km/h。

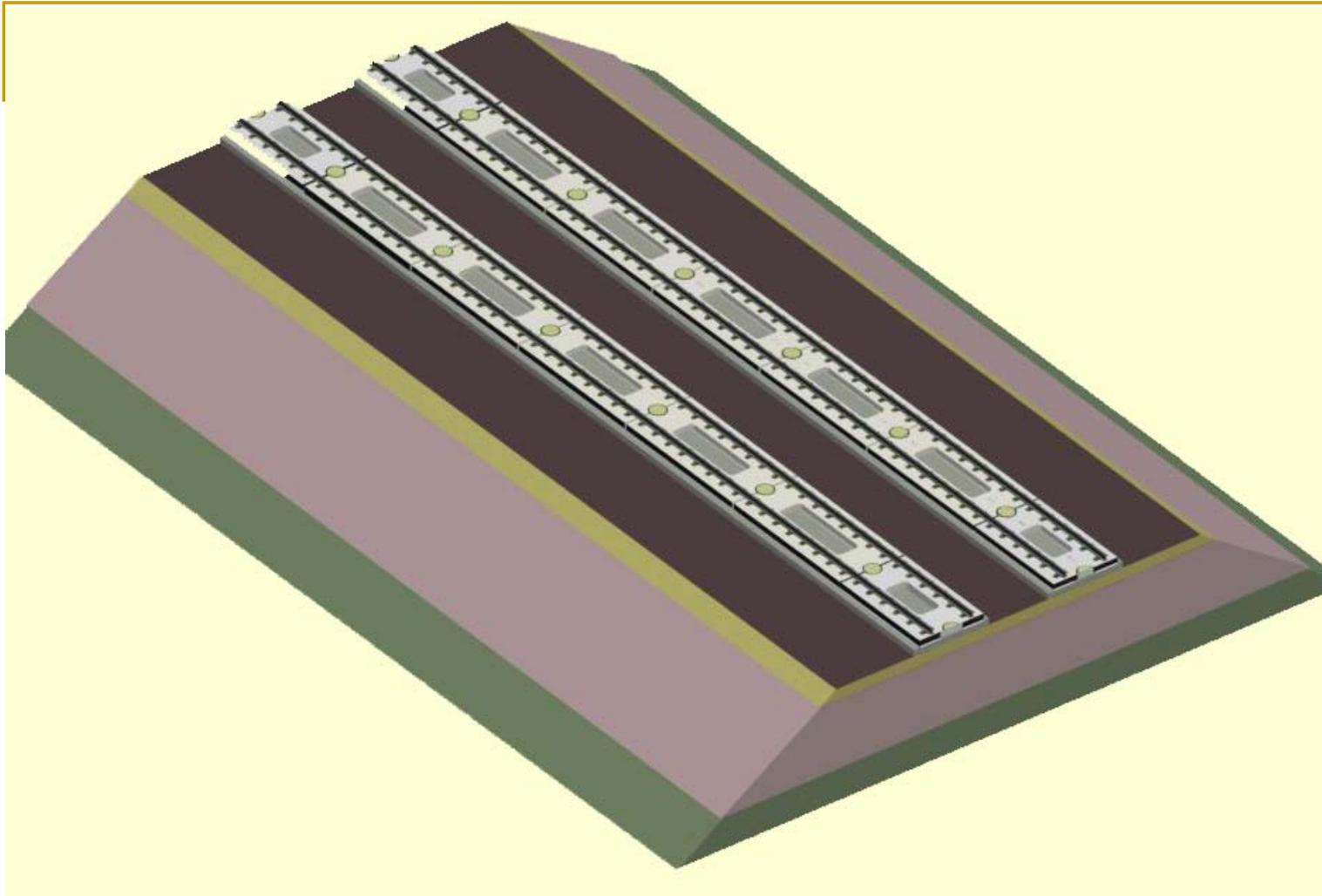


(二) CRTS I型板式无砟轨道轨道结构设计

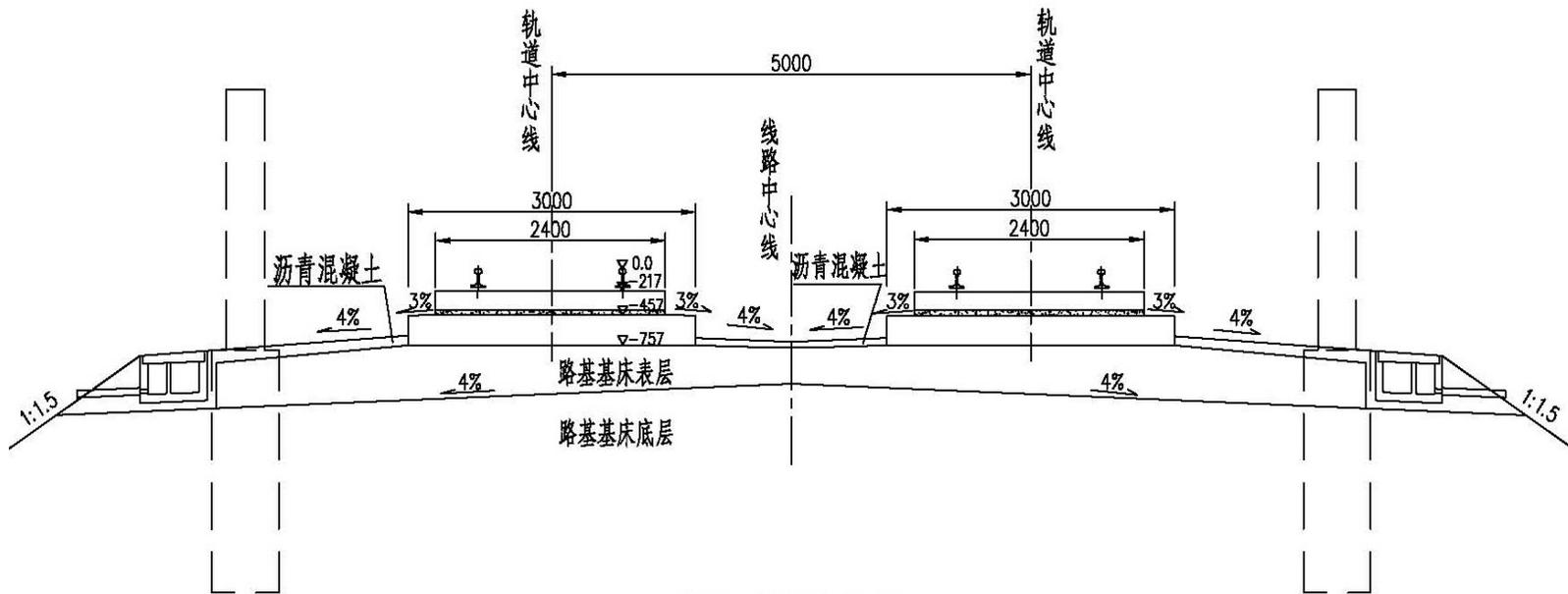


1. 路基上结构设计

- ◆ 路基上轨道结构高度为757mm。
- ◆ 水泥乳化沥青砂浆调整层设计厚度为50mm。
- ◆ 线间排水应结合线路纵坡、桥涵等线路条件具体设计，当采用集水井方式时，集水井设置间隔应根据汇水面积和当地气象条件计算确定；线路两侧及线间路基表面以沥青混凝土封闭。
- ◆ 底座在基床表层上分段设置，每4块轨道板长度设置20mm伸缩缝（20m依据），并绕过凸形挡台。
- ◆ 底座伸缩缝的设置与行车方向相关。



路基上轨道板布置图(标准板)

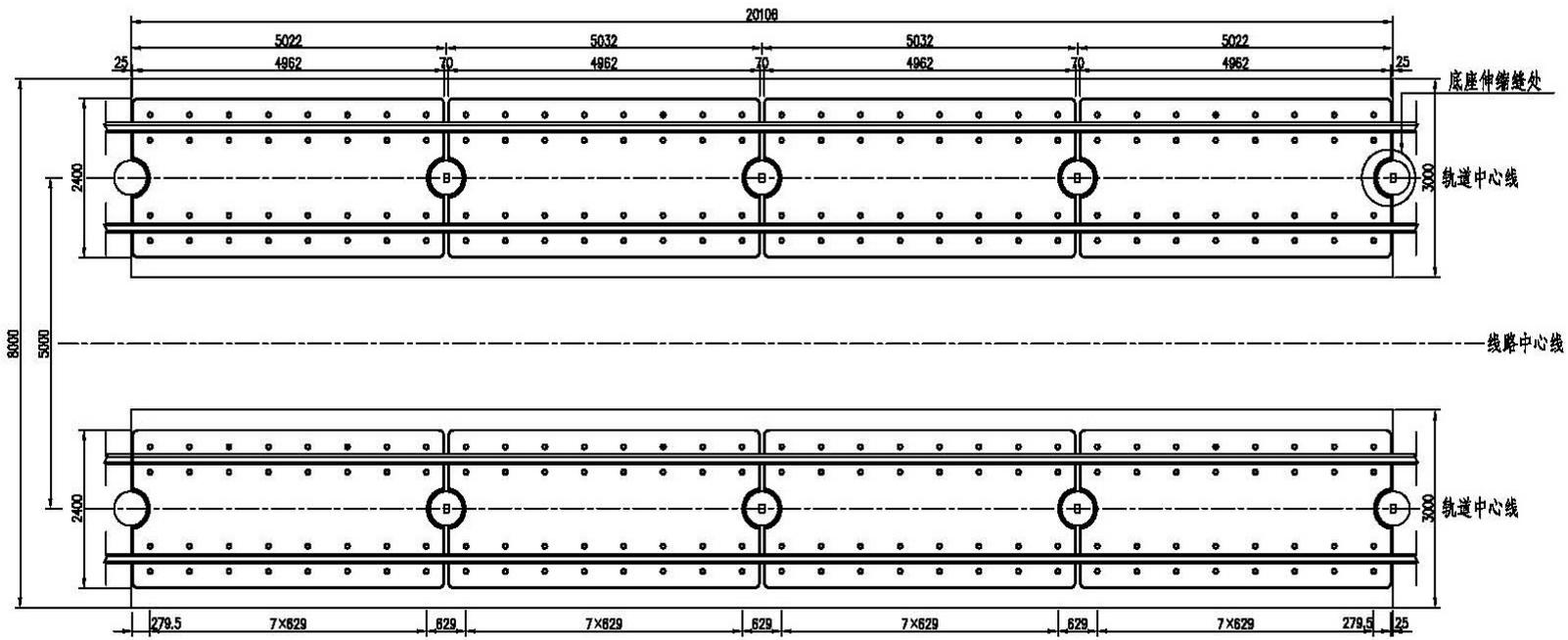


横断面图(直线段)

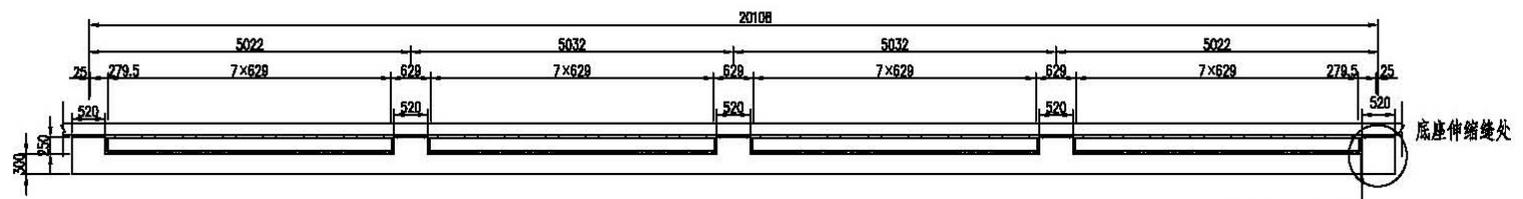
轨道结构高度组成，扣件 $41=37+4$

各组成部分的型式尺寸

排水坡



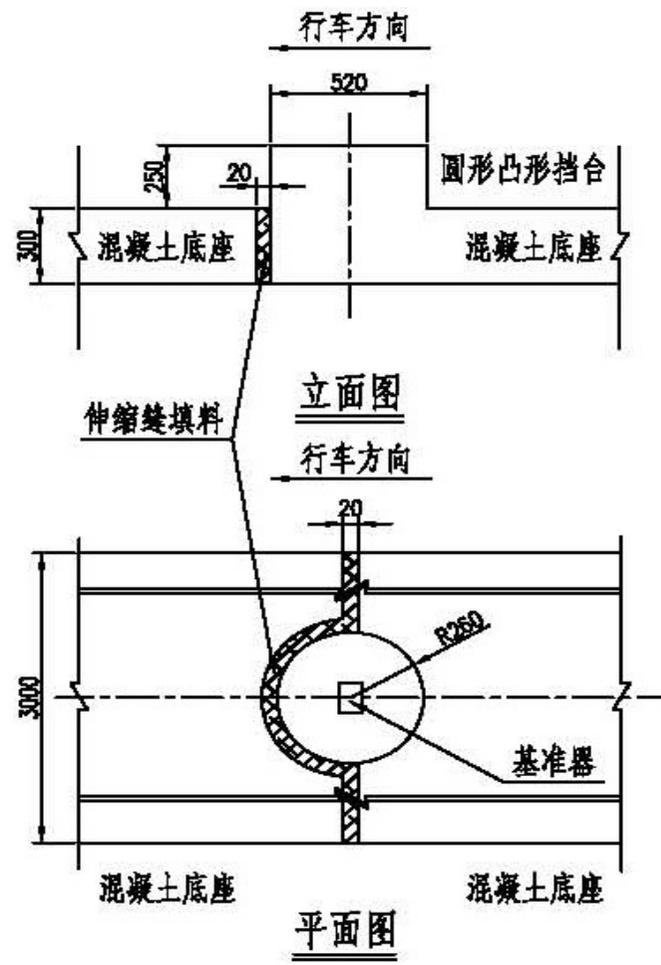
平面图



纵断面图

"底座伸缩缝"见详图

设



底座伸缩缝处详图

半圆凸形挡当
承载能力欠缺

左右线伸缩缝
绕行凸台不同

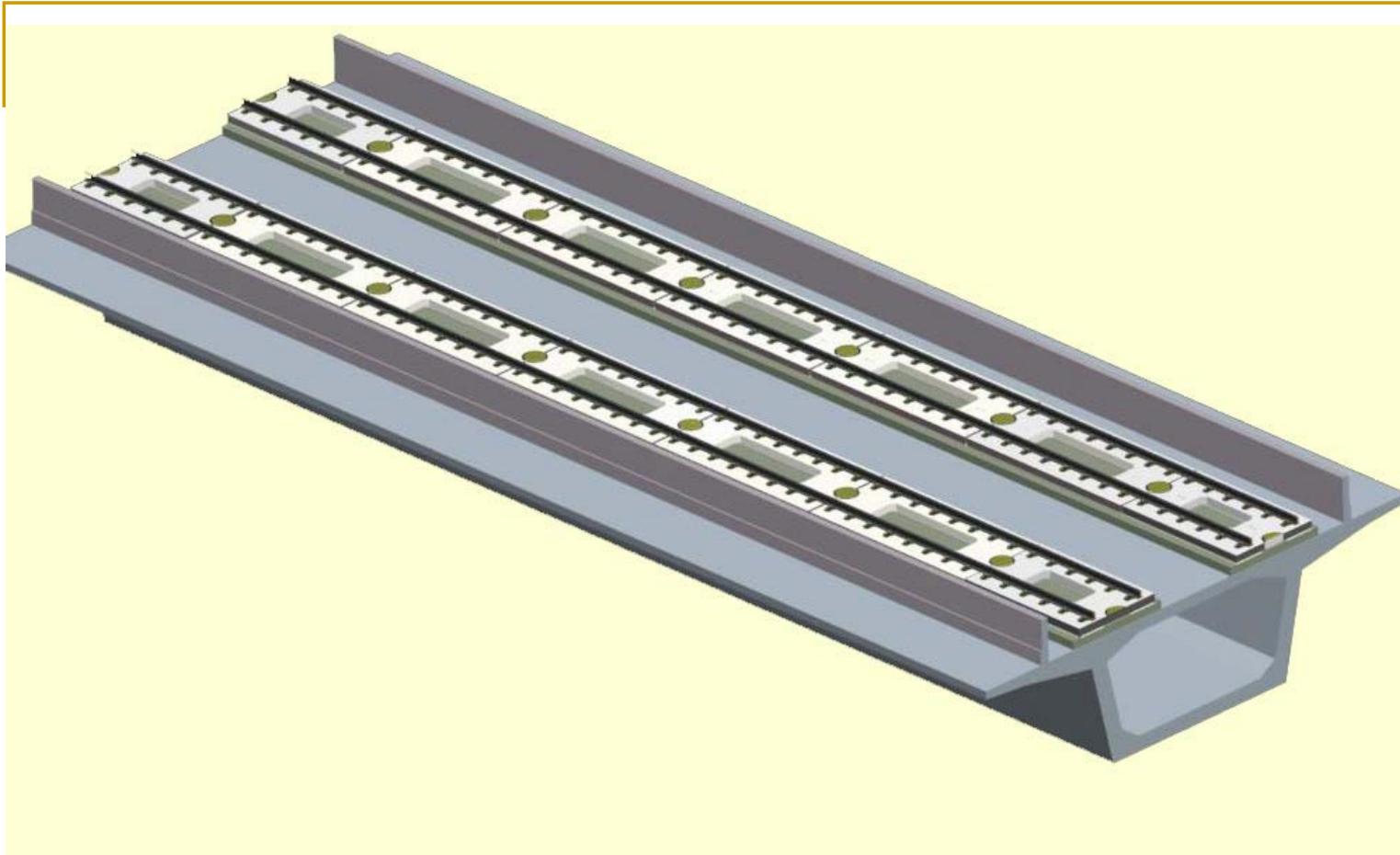
2. 桥上结构设计

- ◆ 桥上轨道结构高度为657mm。
- ◆ 水泥乳化沥青砂浆调整层设计厚度为50mm。
- ◆ 混凝土底座直接在梁面构筑，底座分段设置，对应每块轨道板长度设置20mm伸缩缝，且与板缝对齐。
- ◆ 底座伸缩缝的设置与行车方向相关。
- ◆ 梁上配置轨道板（24m、32m、连续梁及其它梁长）。

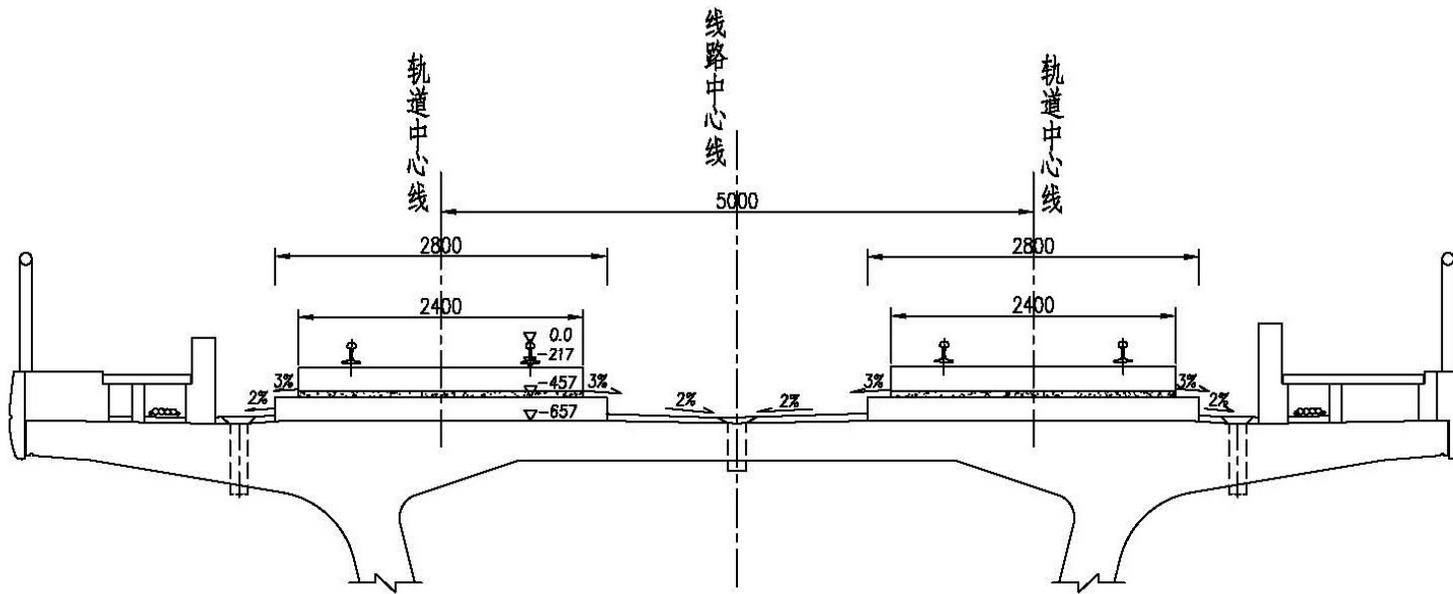
与梁的接口：

- ◆ 底座范围内梁面不设防水层和保护层。
- ◆ 底座2.6m范围内的梁面在梁厂预制时进行拉毛处理。

- ◆梁体预埋套筒植筋与底座连接；
- ◆底座范围外的梁面防水层、保护层设计参照桥梁设计图。
- ◆桥面采用三向排水方式。



32m梁上轨道板布置图

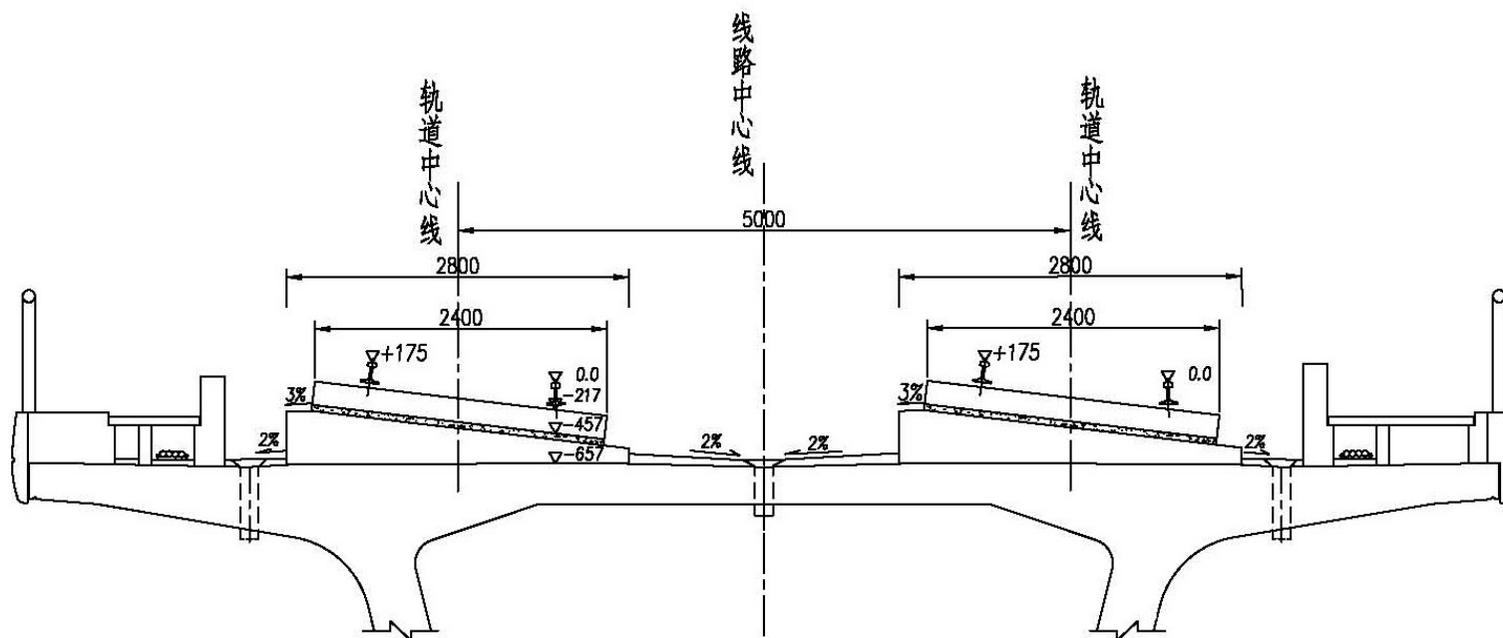


横断面图(直线段)

轨道结构高度组成，扣件 $41=37+4$

各组成部分的型式尺寸

排水坡



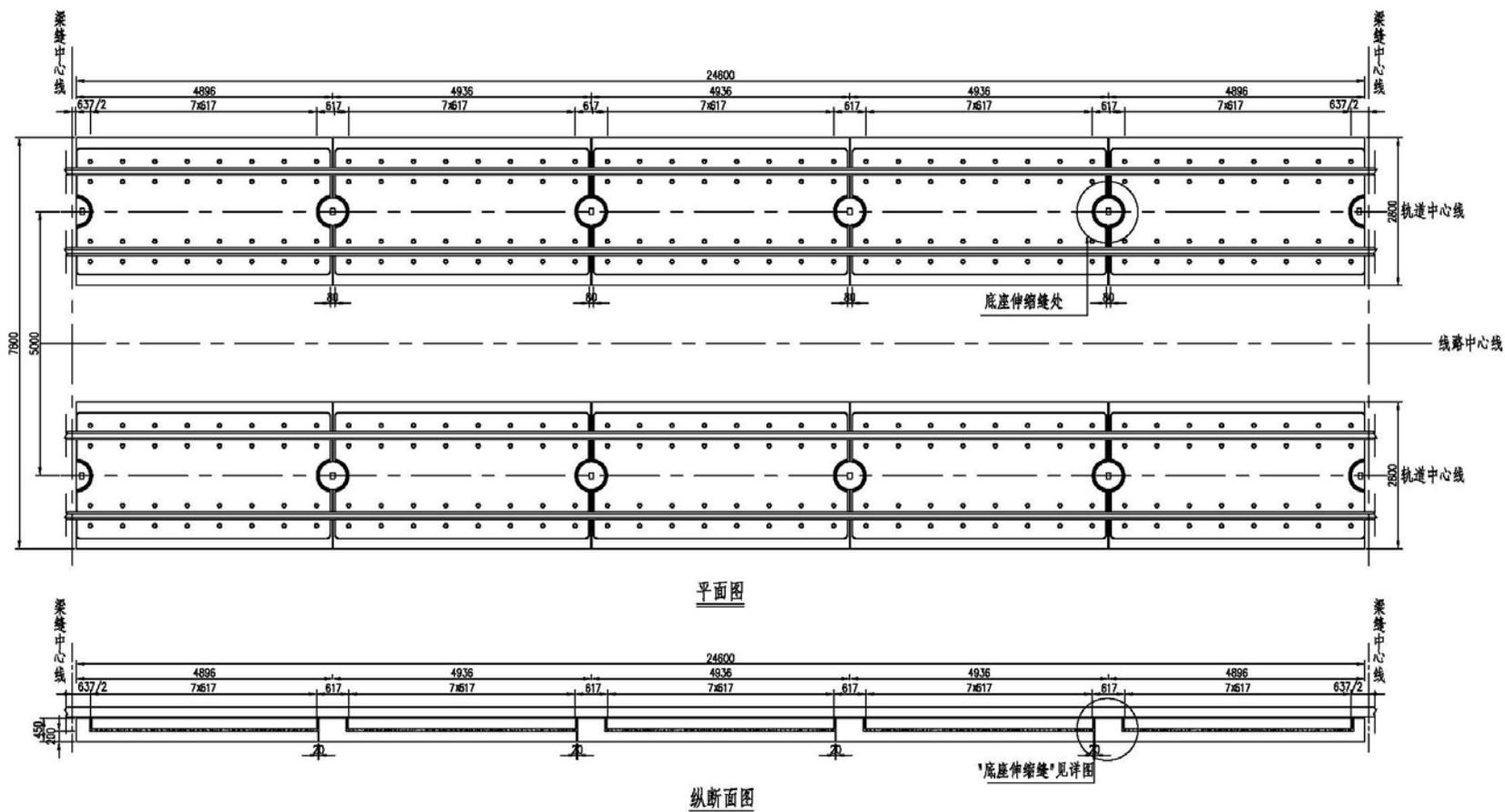
横断面图(曲线超高175mm)

曲线超高设置在砟底座

超高设置以内轨顶面旋转，外轨抬高

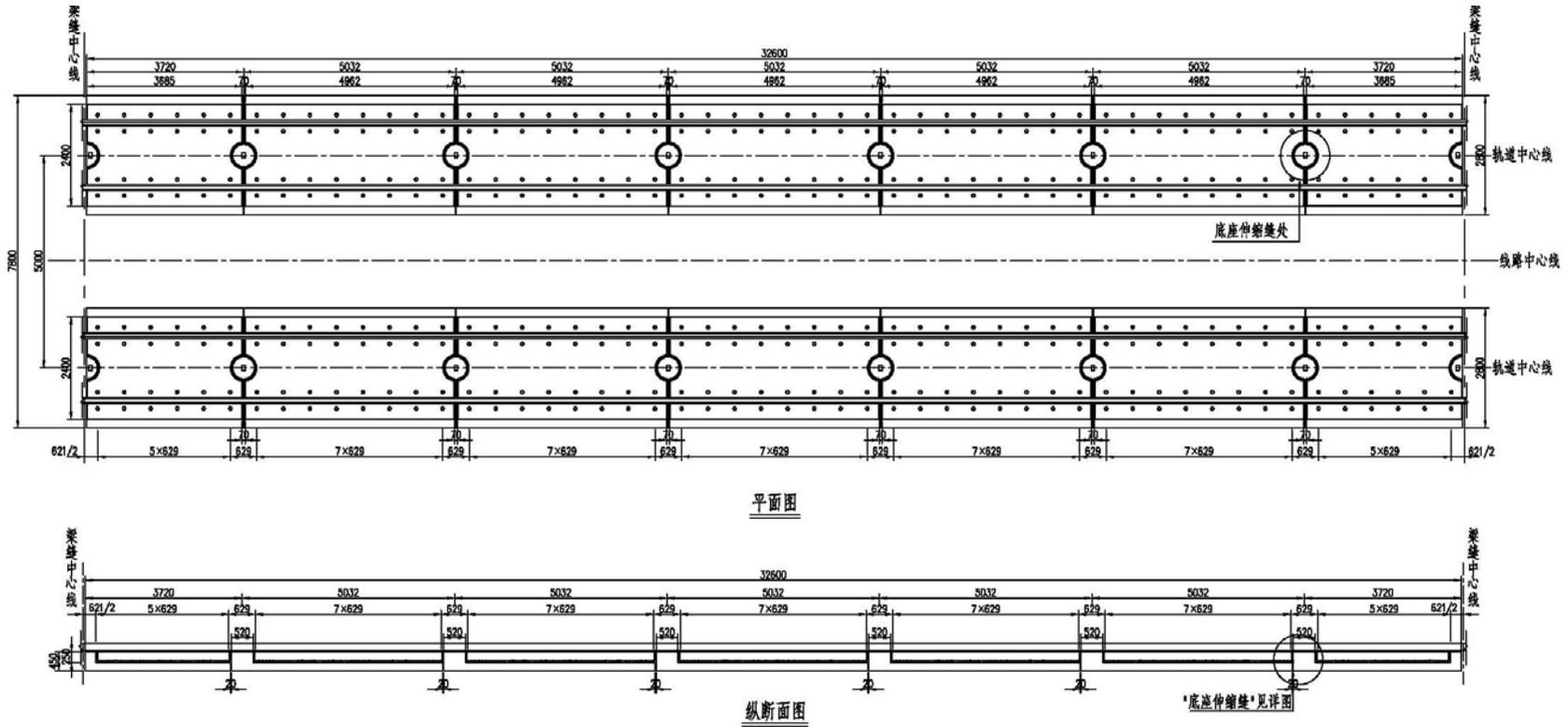
反向排水坡

24m梁配板: 1×4856A+ 3×4856+ 1×4856A

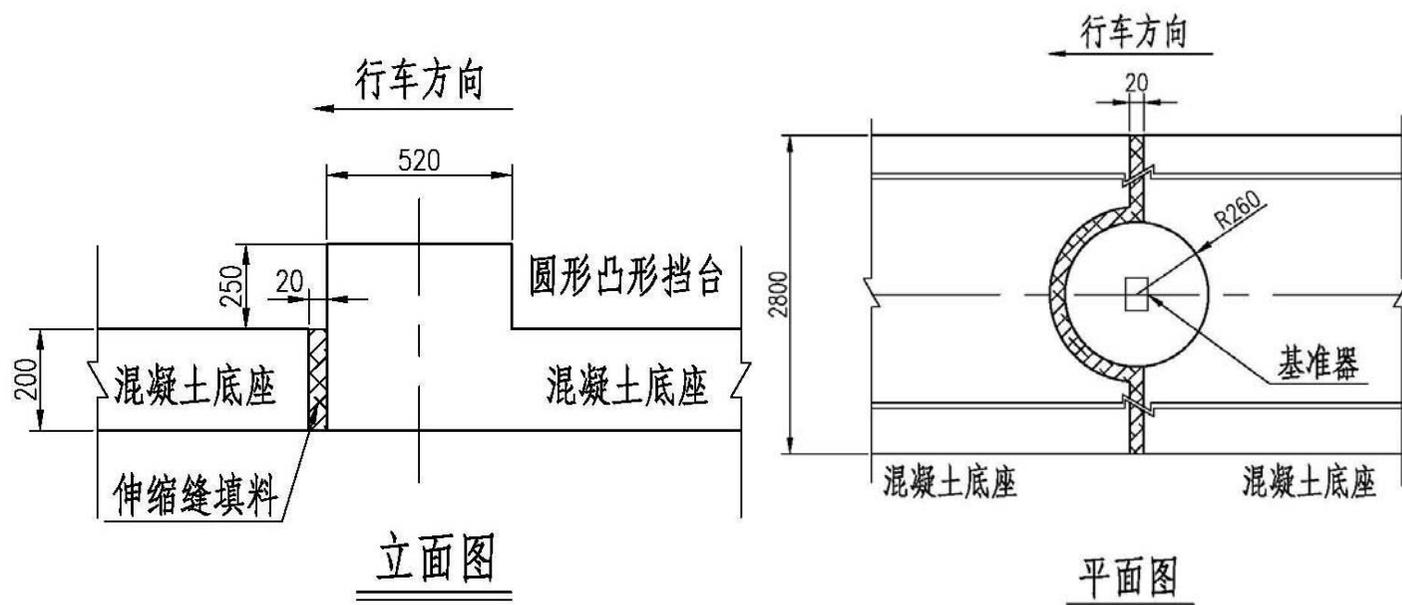


筒支梁轨道板平面布置图(24m)

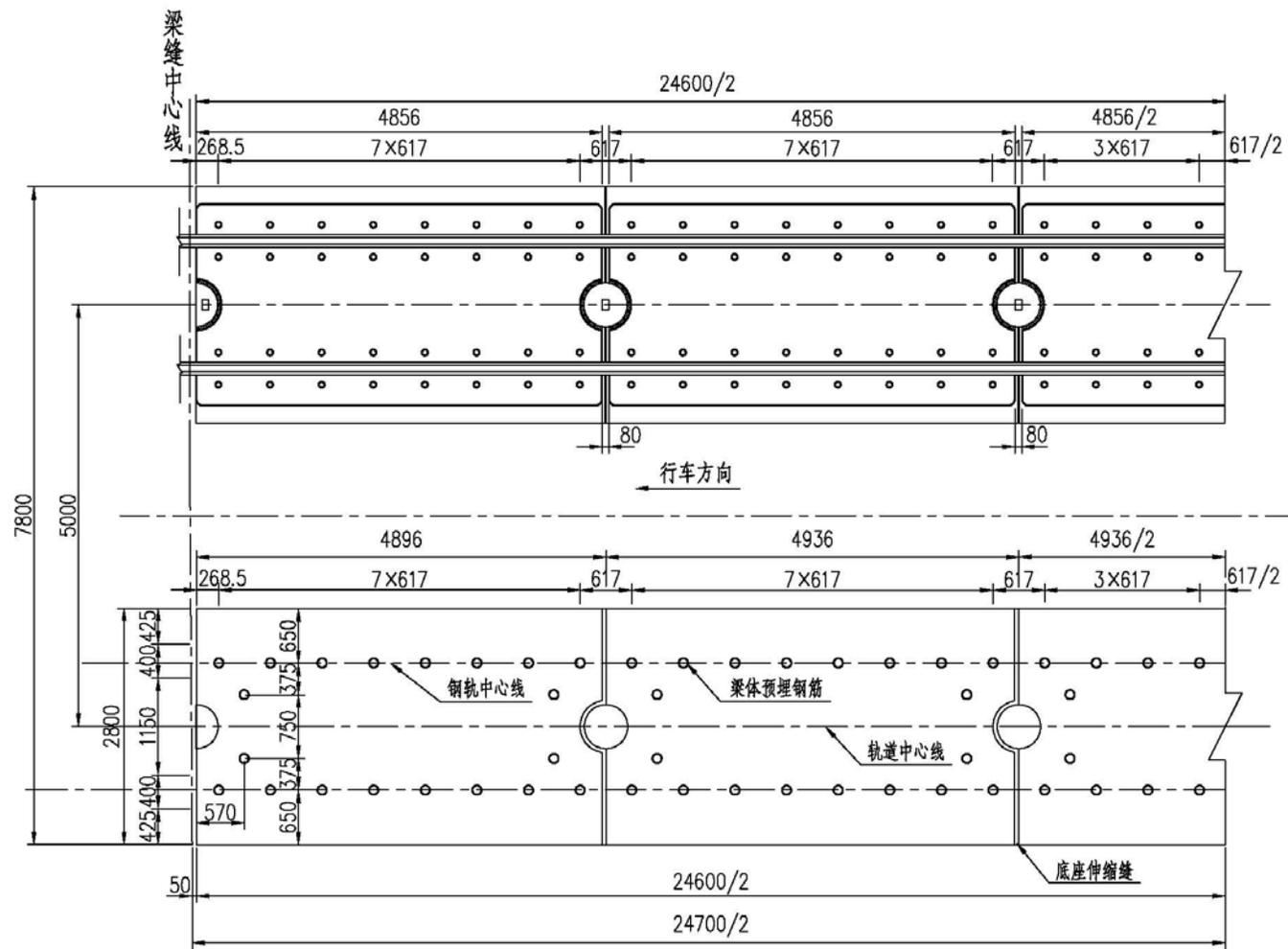
32m梁配板: 1×3685+ 5×4962+ 1×3685



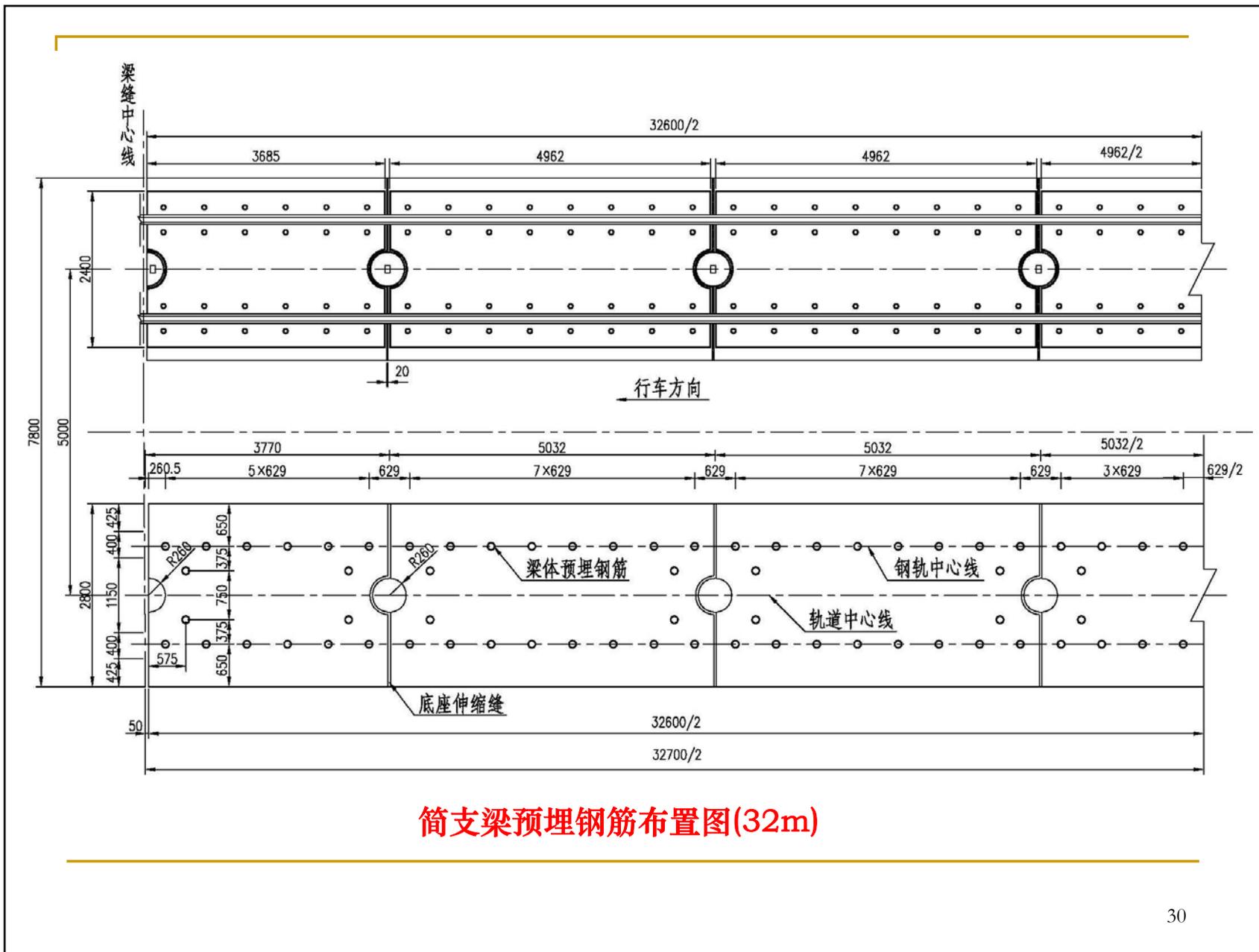
简支梁轨道板平面布置图(32m)



底座伸缩缝设置详图

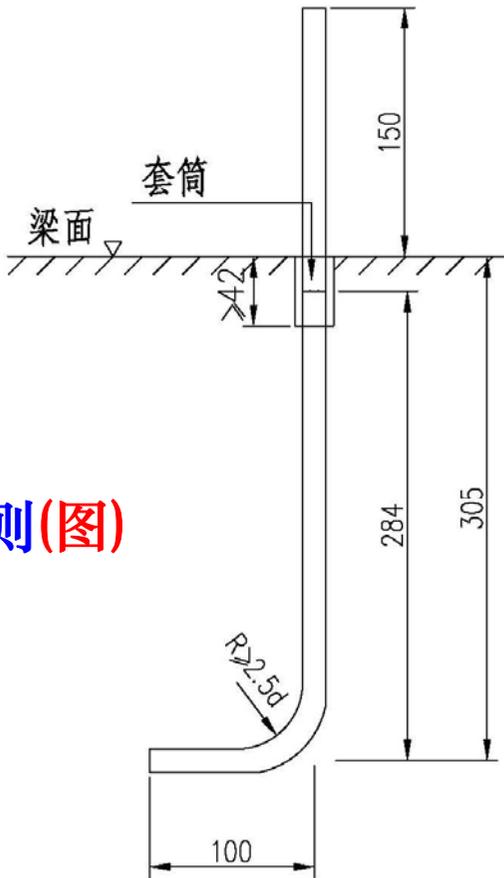


筒支梁预埋套筒布置图(24m)

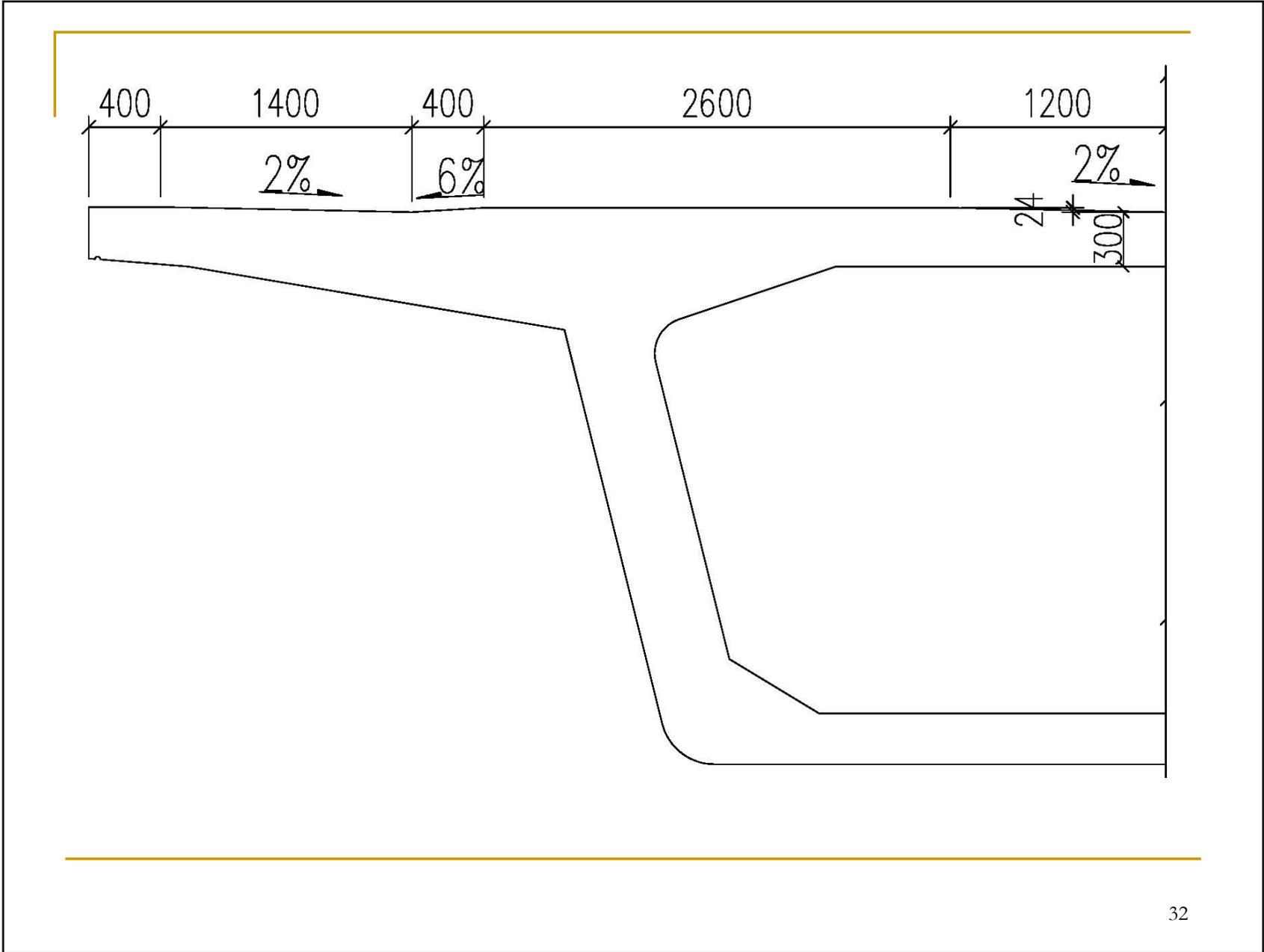


筒支梁预埋钢筋布置图(32m)

不采用门形筋
L形筋长度确定原则(图)
套筒的具体设计图



预埋套筒及L形筋示意图



连接套筒及钢筋指标要求：

连接钢筋均采用直径16mmHRB335钢筋,钢筋螺纹应符合《滚轧直螺纹钢筋连接接头》(JG163-2004)的要求；

- ◆ 套筒长度不小于42mm,采用45号优质碳素钢加工，两端钢筋丝头拧入长度为套筒长度二分之一；
- ◆ 钢筋与套筒接头的拧紧力矩应符合《滚轧直螺纹钢筋连接接头》(JG163-2004)的要求；
- ◆ 预埋套筒顶面高程允许偏差为+2mm，-5mm；
- ◆ 梁体预埋钢筋纵横向位置允许偏差为±20mm；
- ◆ 梁体预埋L形钢筋应与梁内钢筋牢固连接；
- ◆ 连接套筒应加防护盖，防止浇筑混凝土时落入杂物；

3. 隧道内结构设计

有仰拱隧道内：

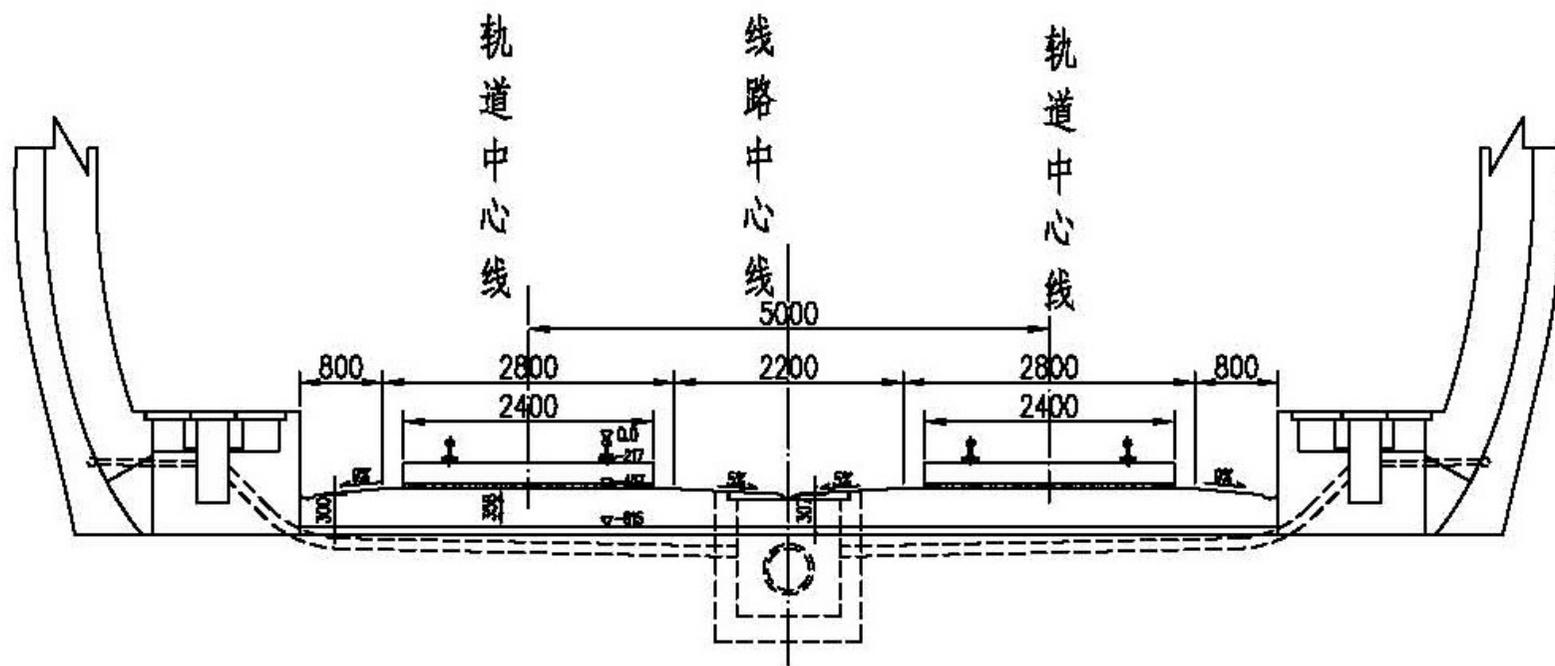
- ◆有仰拱隧道内轨道结构高度为657mm；
- ◆水泥乳化沥青砂浆调整层设计厚度为50mm；
- ◆仰拱回填层在铺设底座前应进行拉毛或凿毛处理；
- ◆隧道内底座分段设置，每2块板单元设置20mm伸缩缝，伸缩缝与板缝对齐且绕过凸形挡台；
- ◆洞口100m范围内基底与底座间设置连接钢筋；
- ◆曲线超高在底座上设置；

无仰拱隧道内：

- ◆ 无仰拱隧道内底座与隧道底板合并设置，轨道结构高度为815mm；
- ◆ 水泥乳化沥青砂浆调整层设计厚度为50mm；
- ◆ 隧道内底座连续设置；
- ◆ 曲线超高在底座上设置，曲线地段底座应一次施工完成；

共性：

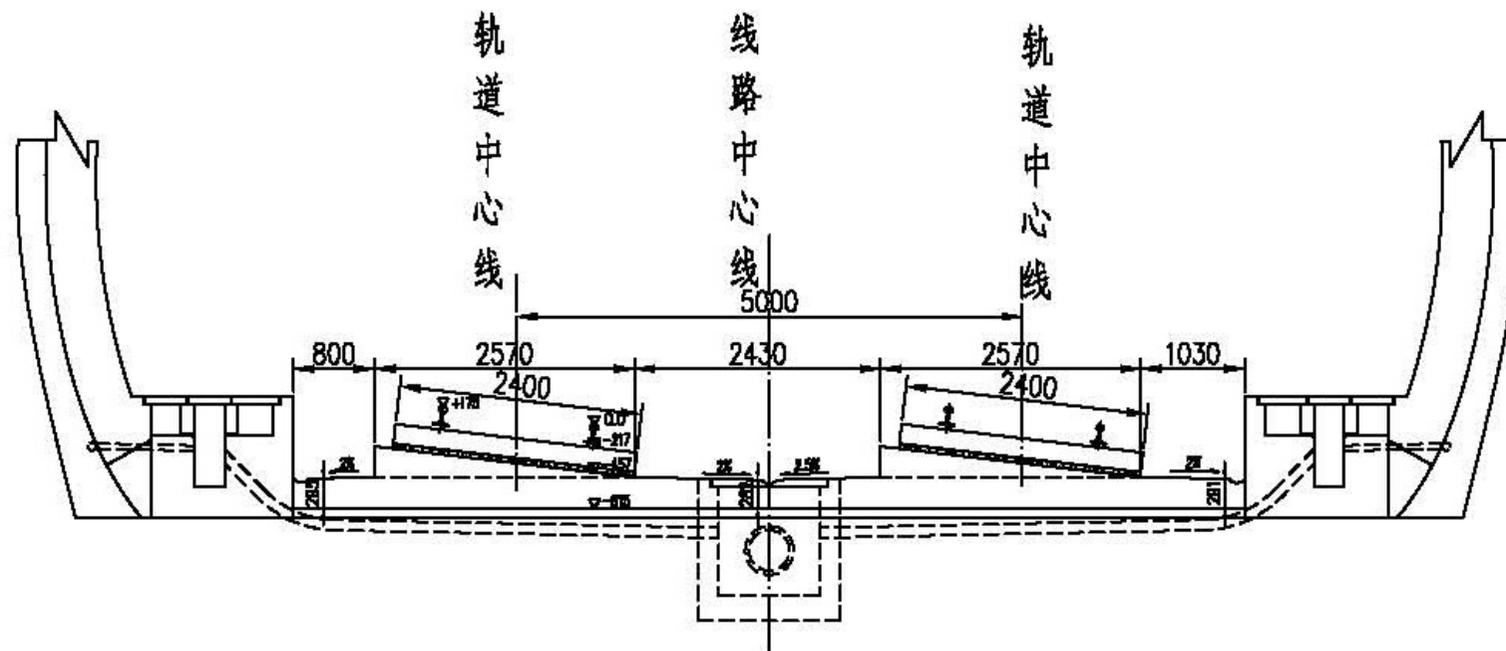
- ◆ 混凝土底座遇沉降缝应断开，洞口底座伸缩缝与下部基础对应；
- ◆ 当同一隧道内存在有仰拱和无仰拱两种情况时，线路两侧纵向排水应按3‰顺坡进行连接；
- ◆ 线间排水见隧道专业设计图纸；



直线横断面图(无仰拱)

轨道结构高度组成, 176+41+190+50+358

各组成部分的型式尺寸 (合并设置底板)

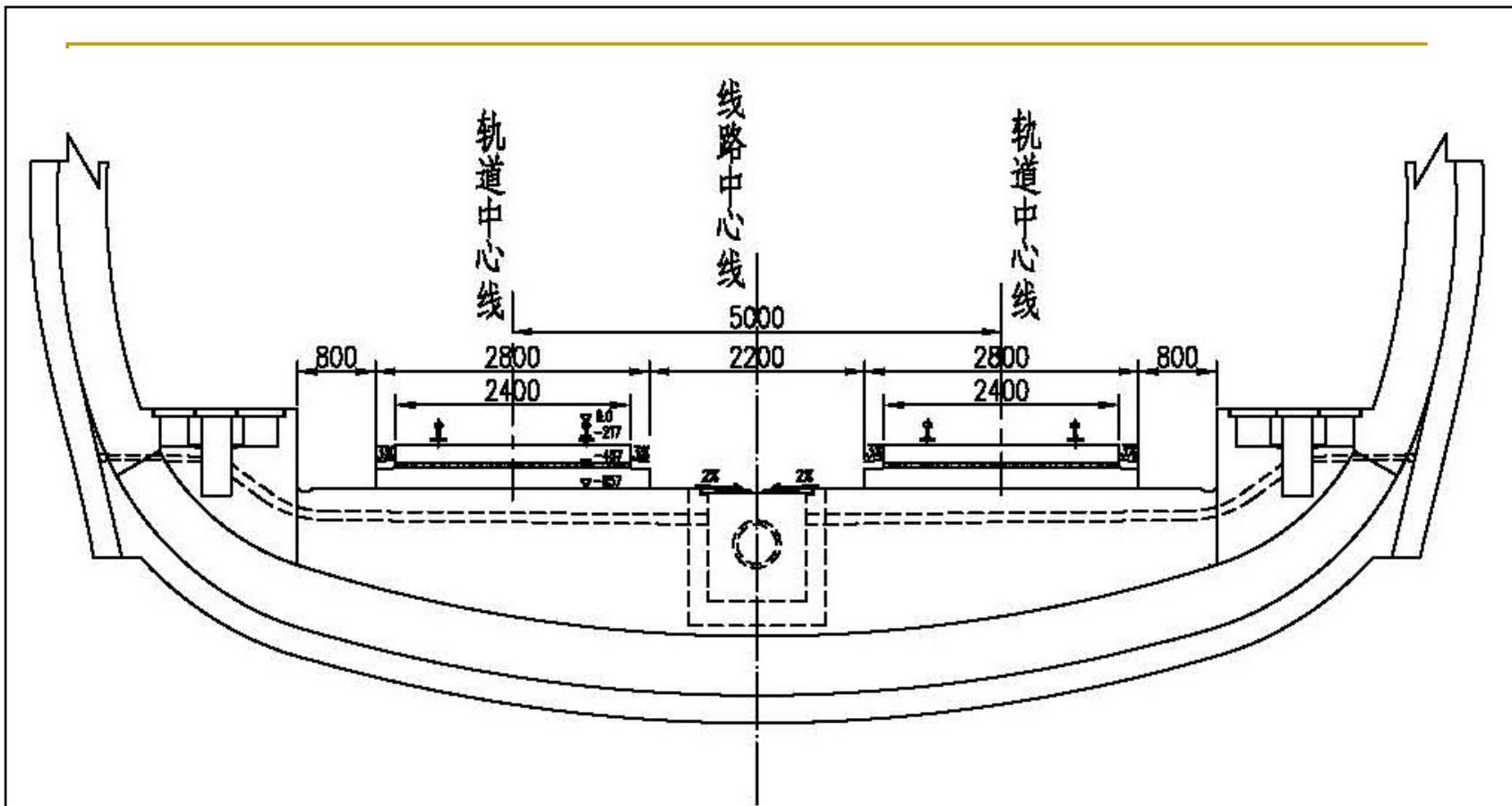


曲线横断面图（无仰拱）

曲线超高设置在砟底座

超高设置以内轨顶面旋转，外轨抬高

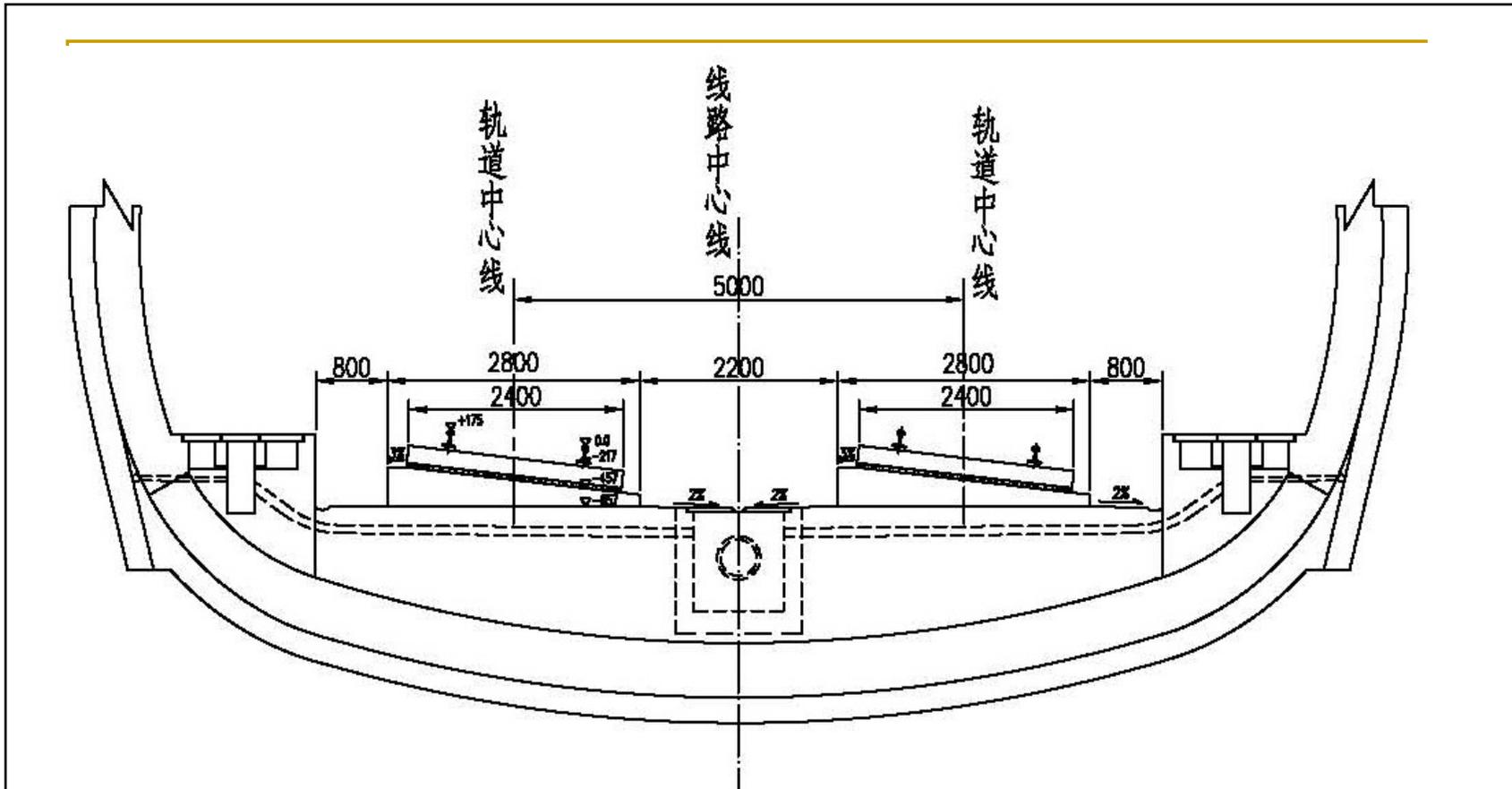
曲线地段底座应一次施工完成；



直线横断面图(有仰拱)

轨道结构高度组成, $176+41+190+50+200$

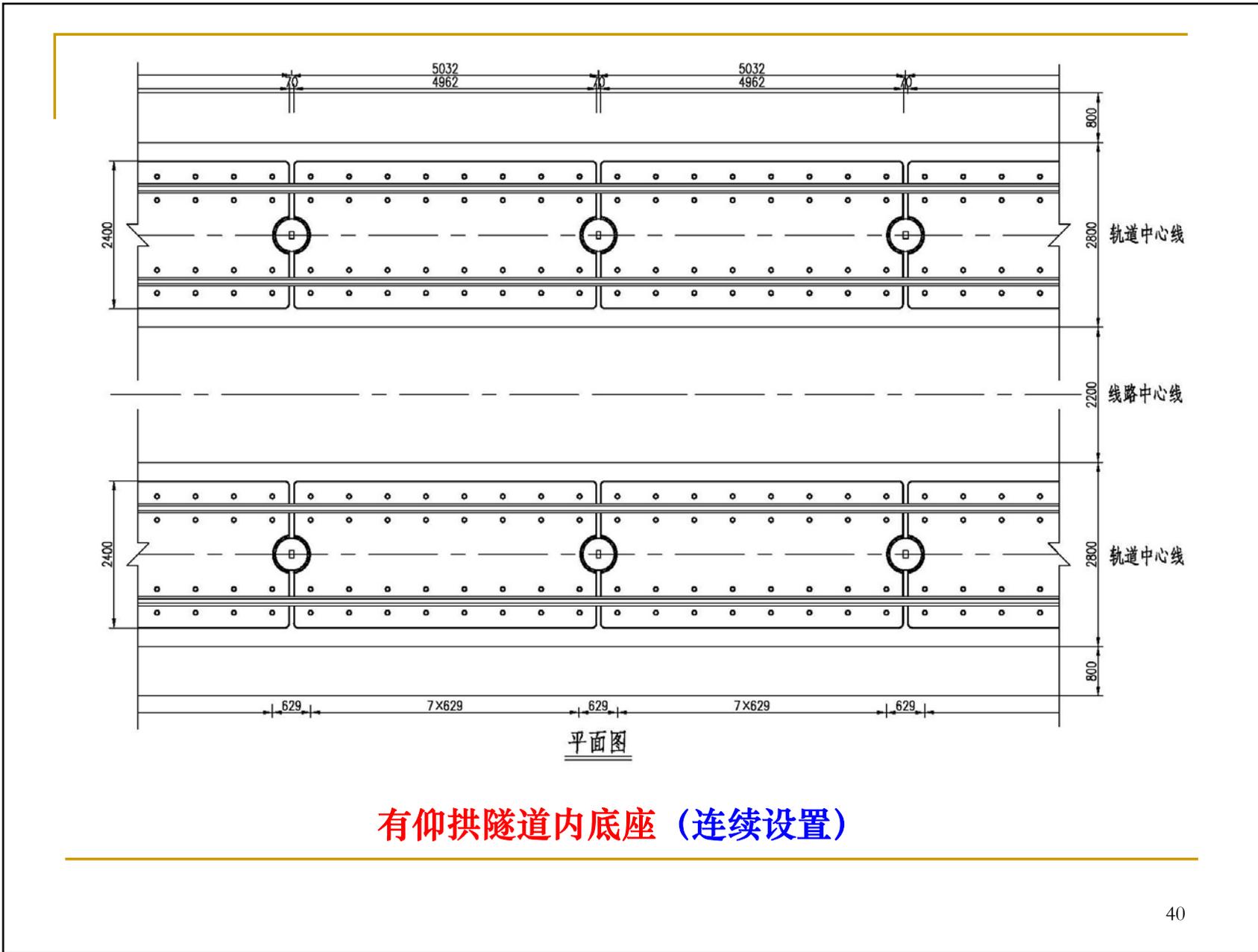
各组成部分的型式尺寸



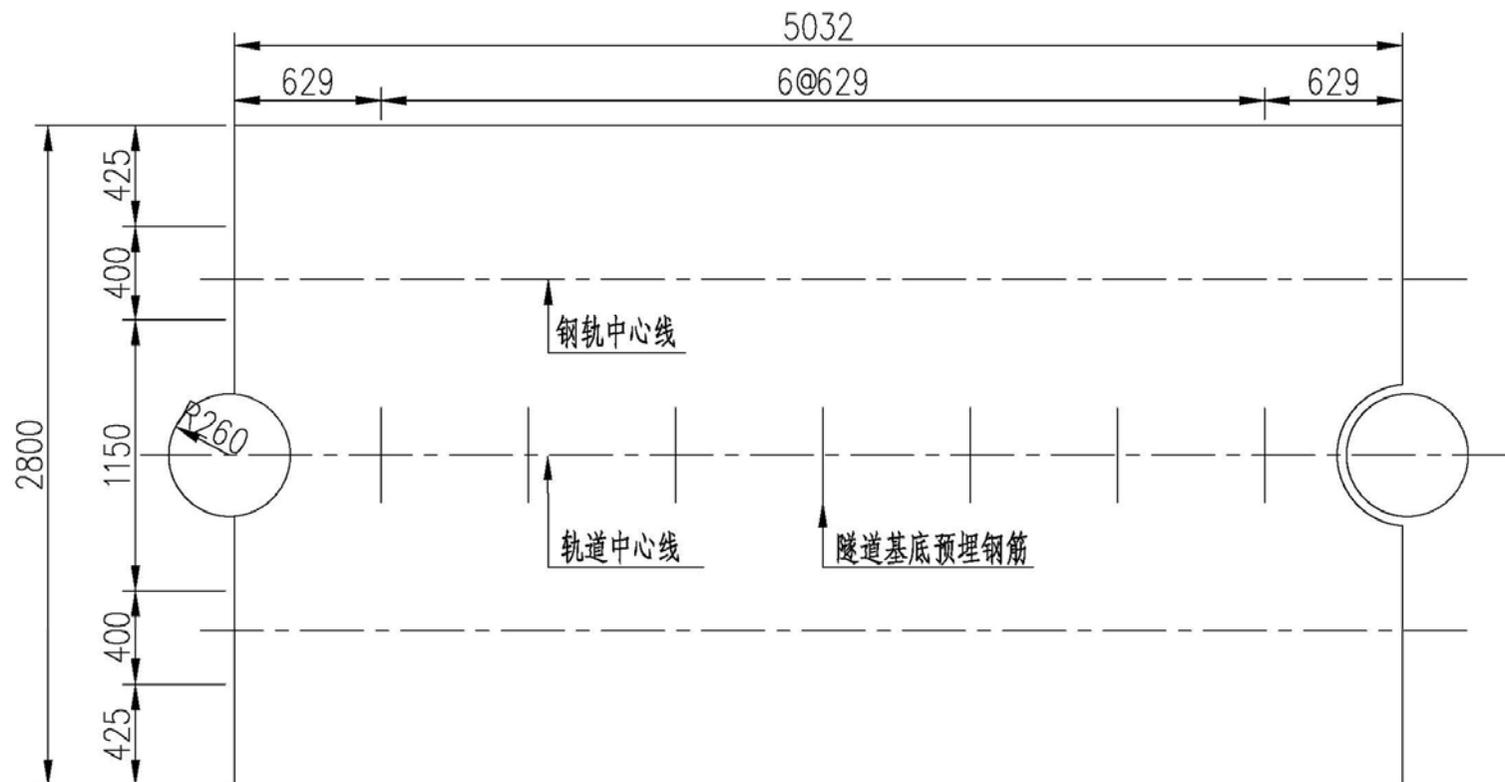
曲线横断面图 (有仰拱)

曲线超高设置在砟底座

超高设置以内轨顶面旋转，外轨抬高



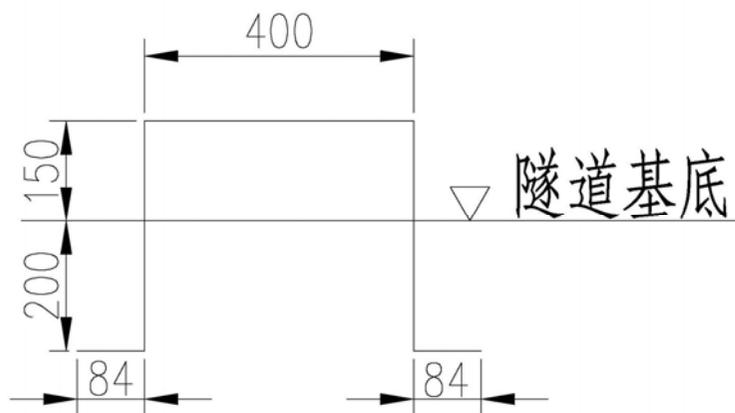
有仰拱隧道内底座（连续设置）



基底预埋钢筋布置图

设置目的 中心设置

- ◆ 隧道洞口预埋门形筋采用直径14mmHRB335钢筋，单根长度1.2m，100m范围内共140根，总质量203.3kg，根据现场施工情况，预埋钢筋在纵向可适当调整；

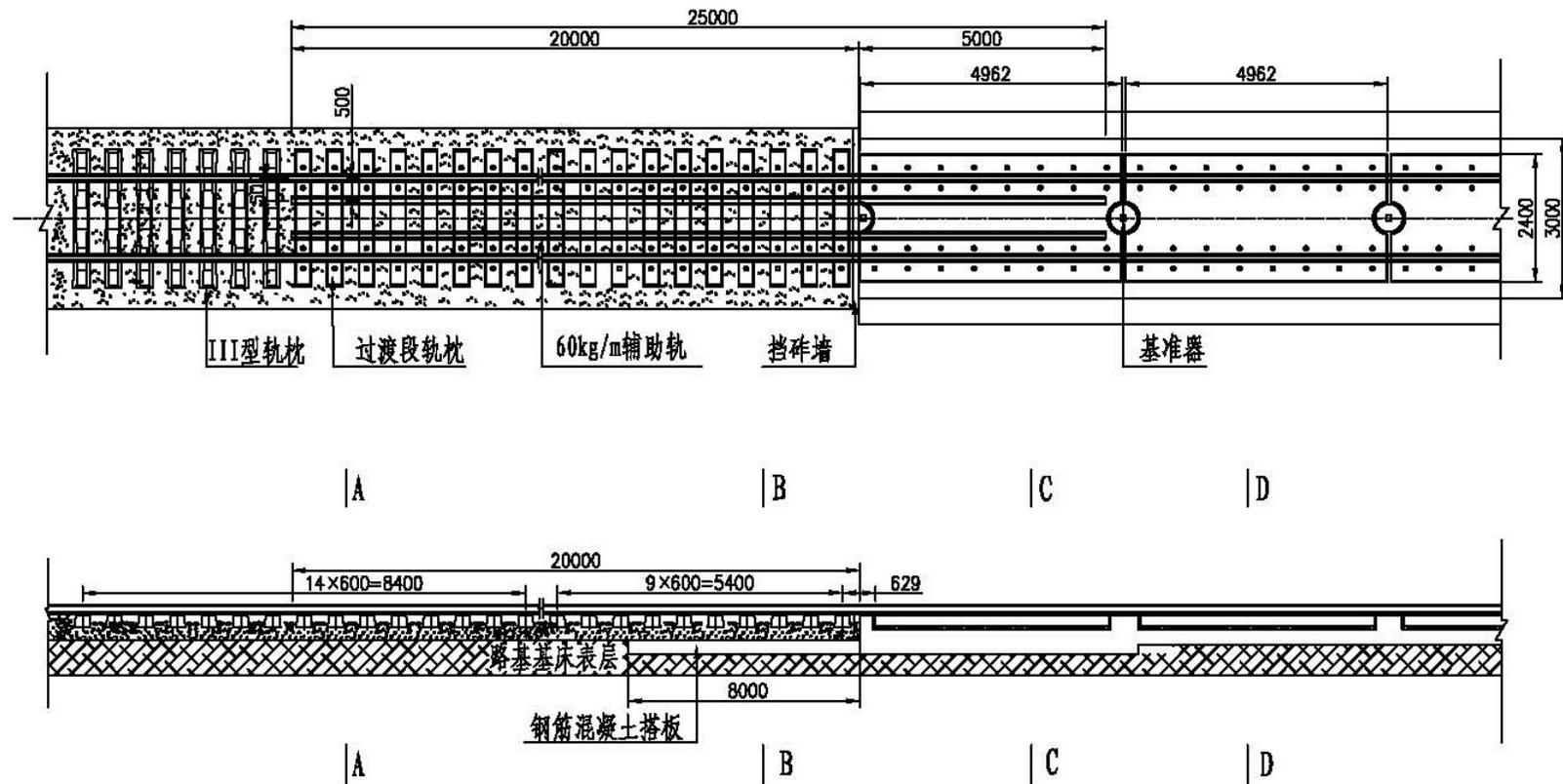


预埋门形钢筋示意图

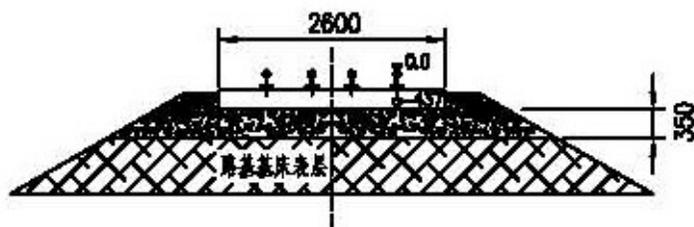
4. 过渡段设计

- ◆ 无砟~有砟过渡段的设计原则是二者应在同一下部基础上过渡。
- ◆ 无砟~有砟过渡段总长为25m，有砟轨道内20m，无砟轨道内5m，基本轨之间设置两根25m长的60kg/m辅助轨，基本轨与辅助轨中心距为500mm，辅助轨扣件采用扣板式扣件；
- ◆ 与有砟轨道分界点处的5块轨道板采用WJ-7B型扣件，静刚度为20~30kN/mm；有砟侧采用过渡段轨枕，配套WJ-7A型扣件，扣件应采用与有砟相同的刚度,均为55~75kN/mm；
- ◆ 过渡段范围内，有砟轨道下设置钢筋混凝土搭板,长8m，厚250mm，混凝土强度等级与底座混凝土相同，搭板截面布置 $\Phi 12$ mm钢筋网片，并延伸至无砟轨道范围内1.5m；

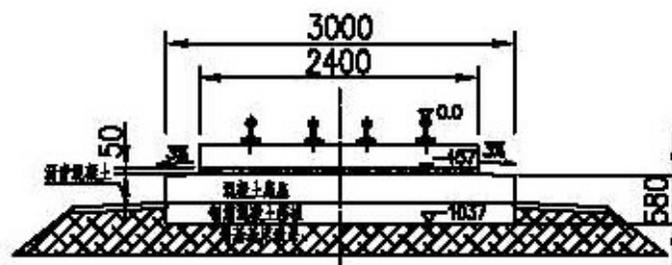
◆ 过渡段有砟轨道采用2.6m过渡段轨枕,详见通线(2008)2201-2, 搭板范围内枕下道床厚度为350mm;



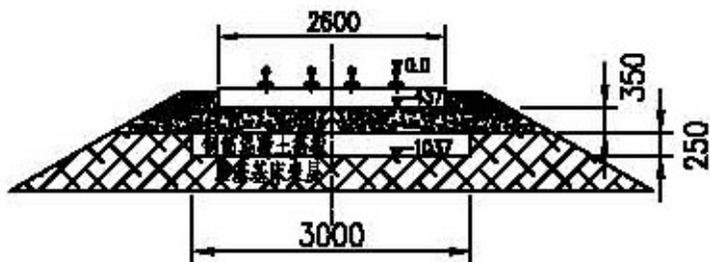
A-A 断面图



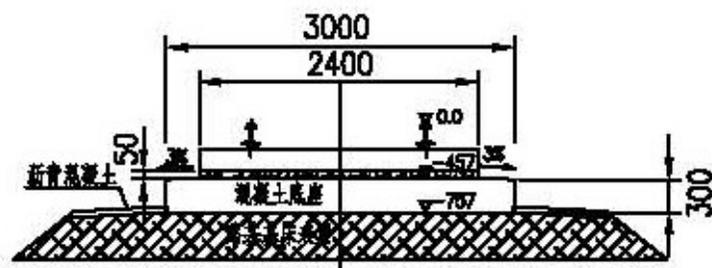
C-C 断面图



B-B 断面图



D-D 断面图



5. 轨道板设计

◆ 轨道板类型

轨道板可分为预应力混凝土平板、预应力混凝土框架板和钢筋混凝土框架板，预应力板采用C60混凝土，非预应力板采用C50混凝土；按轨道板长度可分为4962mm、3685mm、4856mm。不同类型轨道适用范围见下表：

◆ 型式尺寸确定

板长设计主要考虑的因素：轨道板受力（列车荷载，温度荷载，基础变形，制造、运输、施工），扣件节点间距均匀布置、与下部结构的配合（桥梁跨度32m梁）等因素。

气候环境 下部基础		温暖地区	寒冷、严寒地区	高盐、酸雨环境
		路基	PF4962、P4962	P4962
桥 梁	24m梁	KJ4856、KJ4856A(梁端) PF4856、PF4856A(梁端) P4856、P4856A(梁端)	P4856、P4856A(梁端)	PF4856、PF4856A(梁端) P4856、P4856A(梁端)
	32m梁	KJ4962、KJ3685(梁端) PF4962、PF3685(梁端) P4962、P3685(梁端)	P4962、P3685(梁端)	PF4962、PF3685(梁端) P4962、P3685(梁端)
隧道		KJ4962、PF4962、P4962	KJ4962、PF4962、P4962	KJ4962、PF4962、P4962

◆ 扣件选型

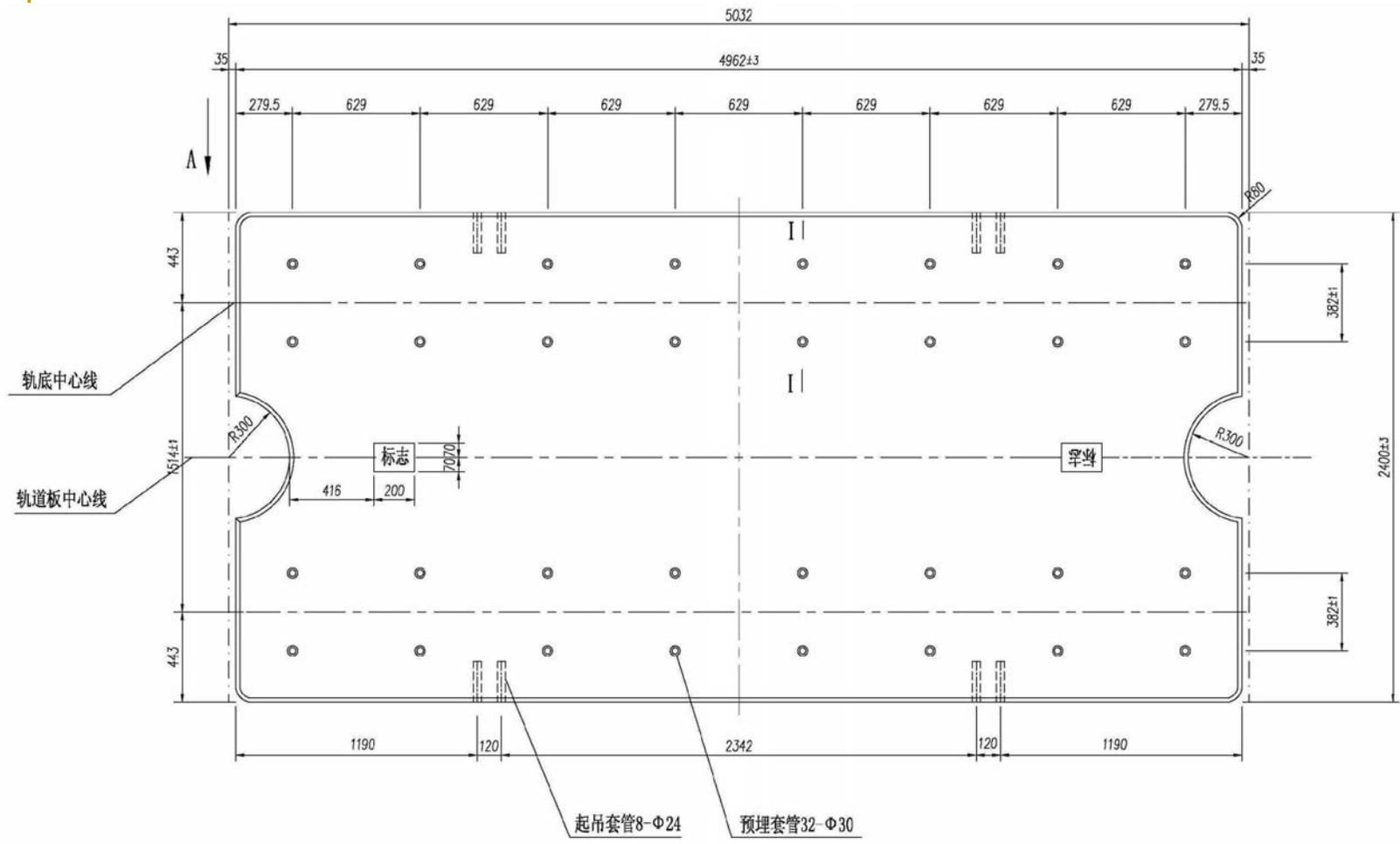
扣件的选型主要考虑和轨道结构的匹配以及轨距高低的调整，对于CRTS I型板式无砟轨道宜采用无挡肩的弹性分开式扣件。扣件橡胶垫板静刚度为20~30kN/mm。

◆ 节点间距布置

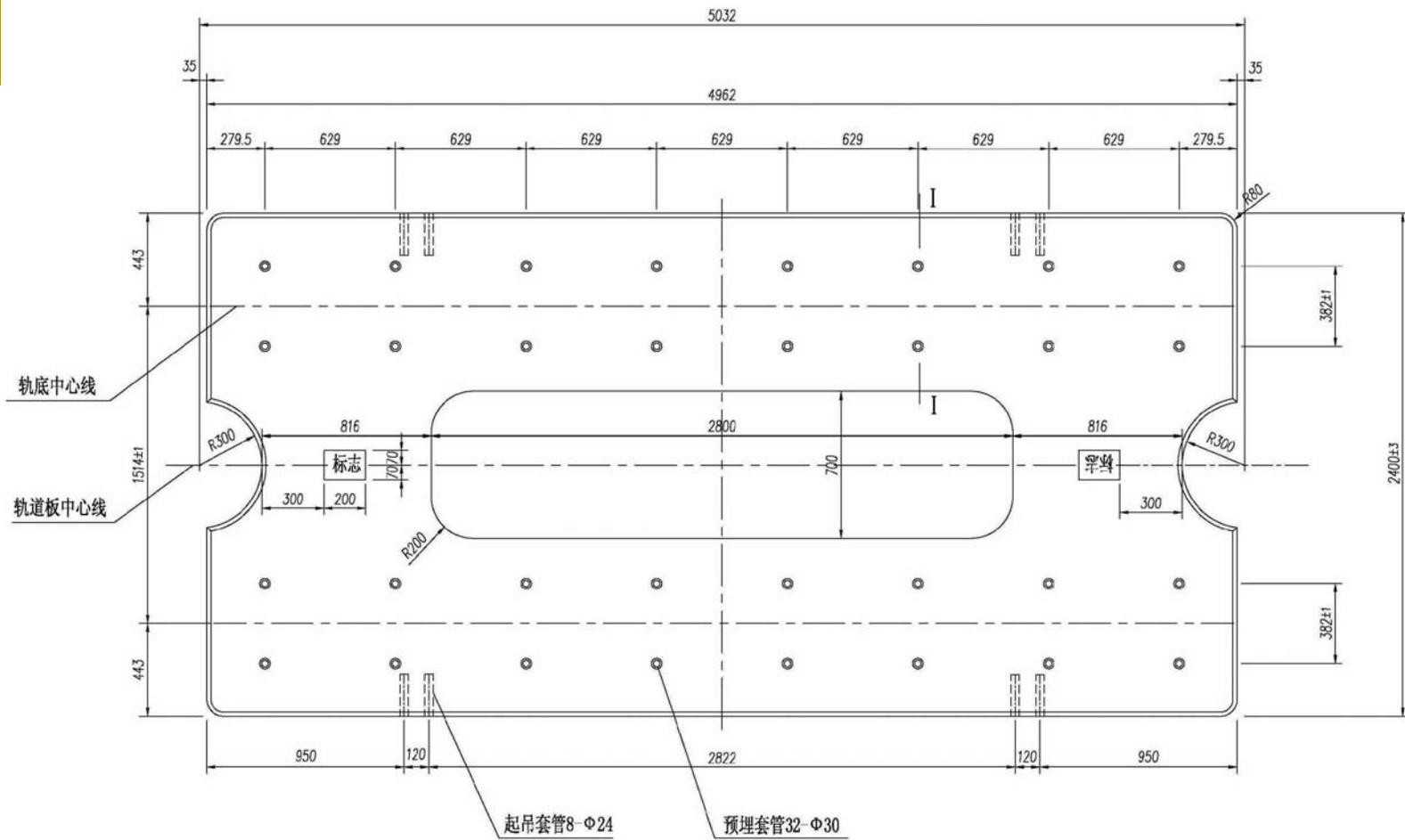
扣件节点间距布置原则为等间距布置，并兼顾扣压力、防爬阻力、轨道板受力以及板长的确定等因素。

路基、隧道和32m梁上扣件间距设定为629mm。

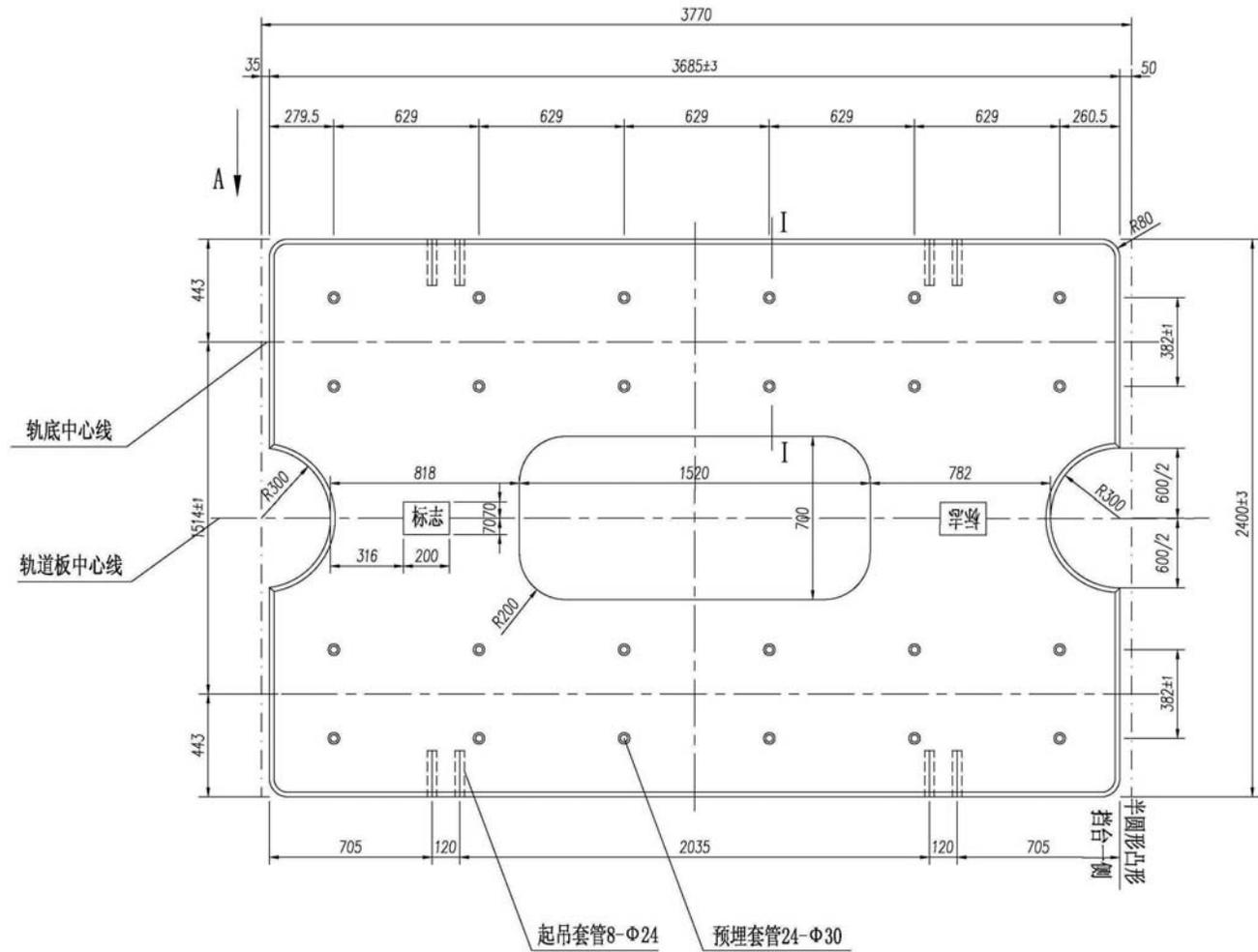
24m梁上扣件间距617mm。



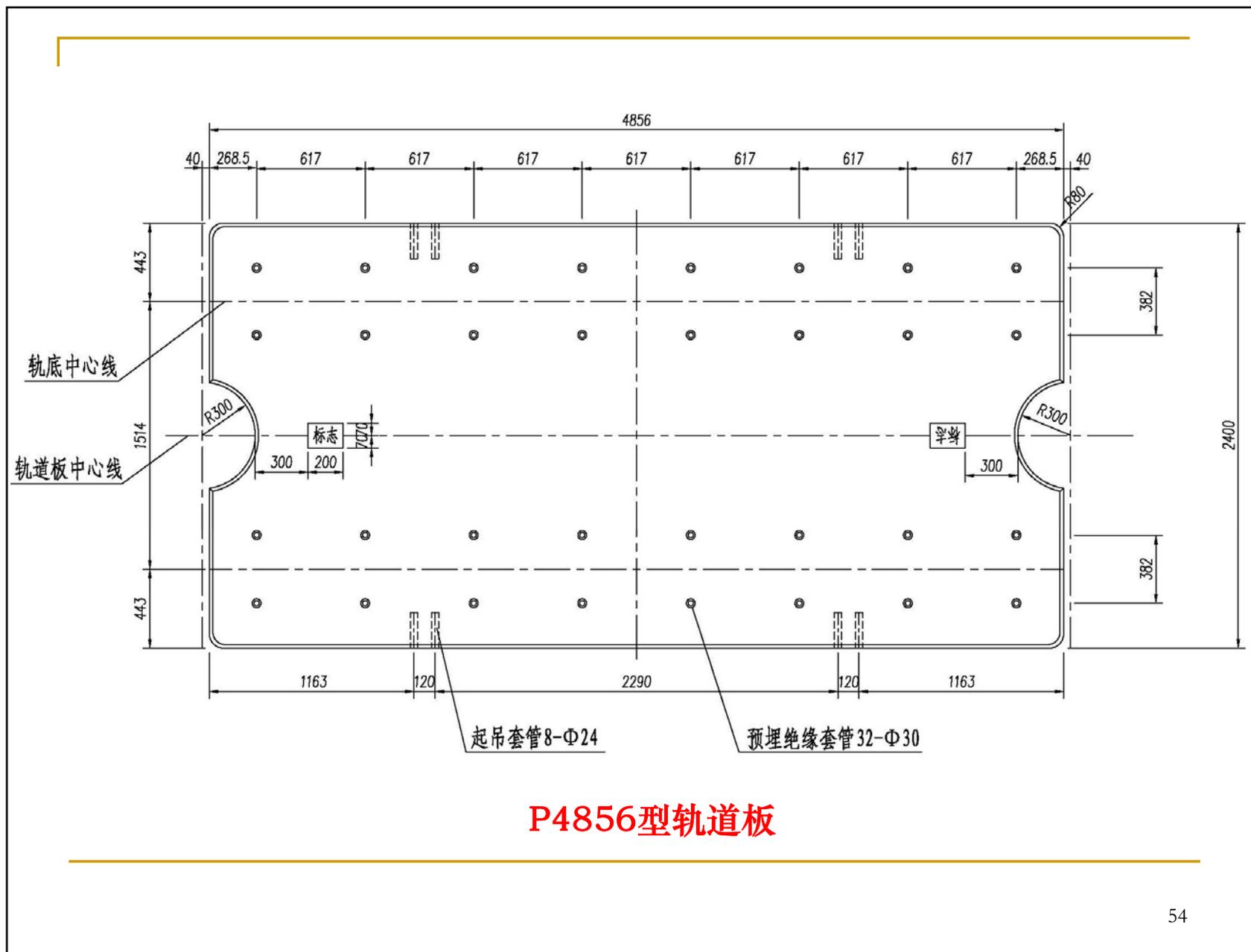
P4962型轨道板

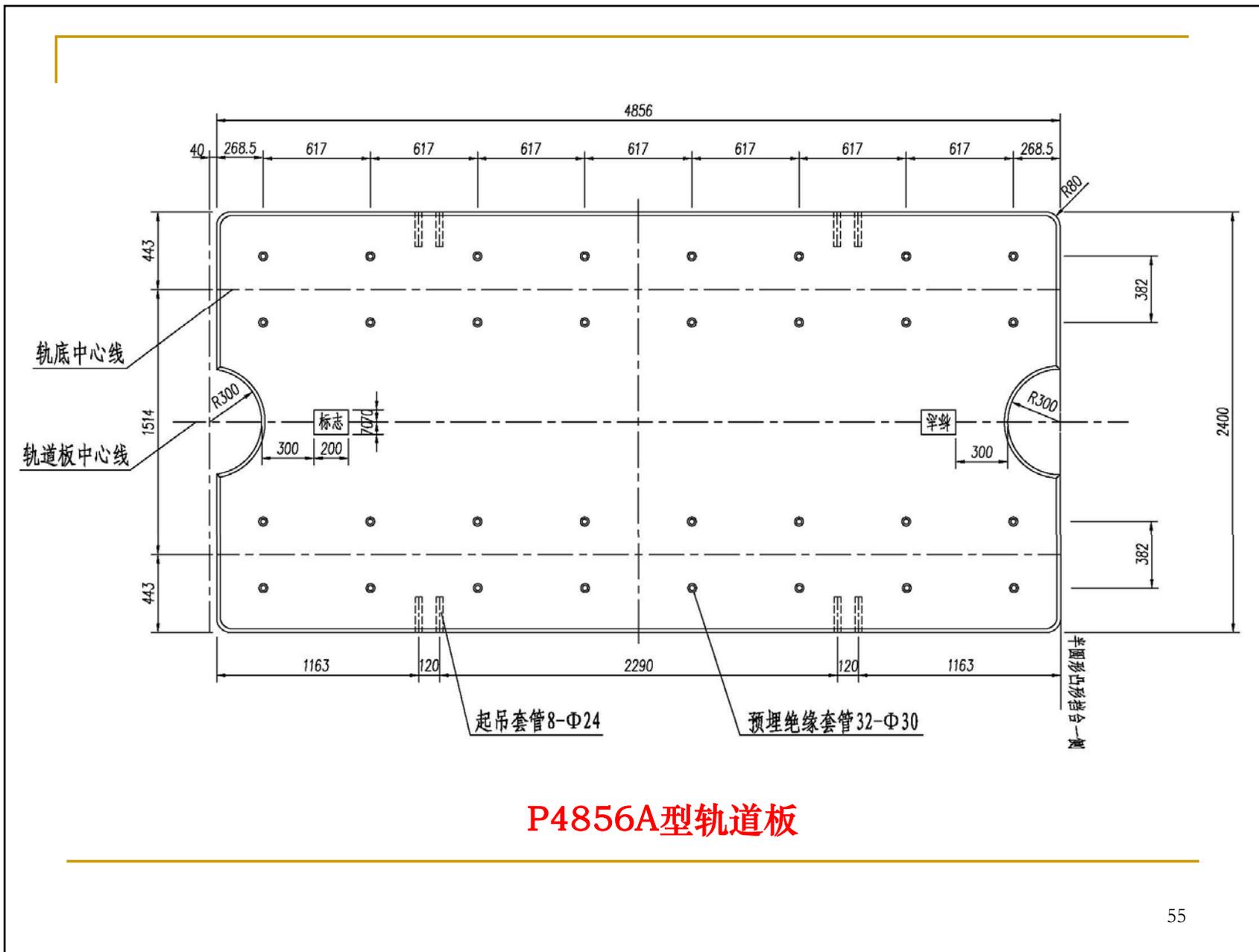


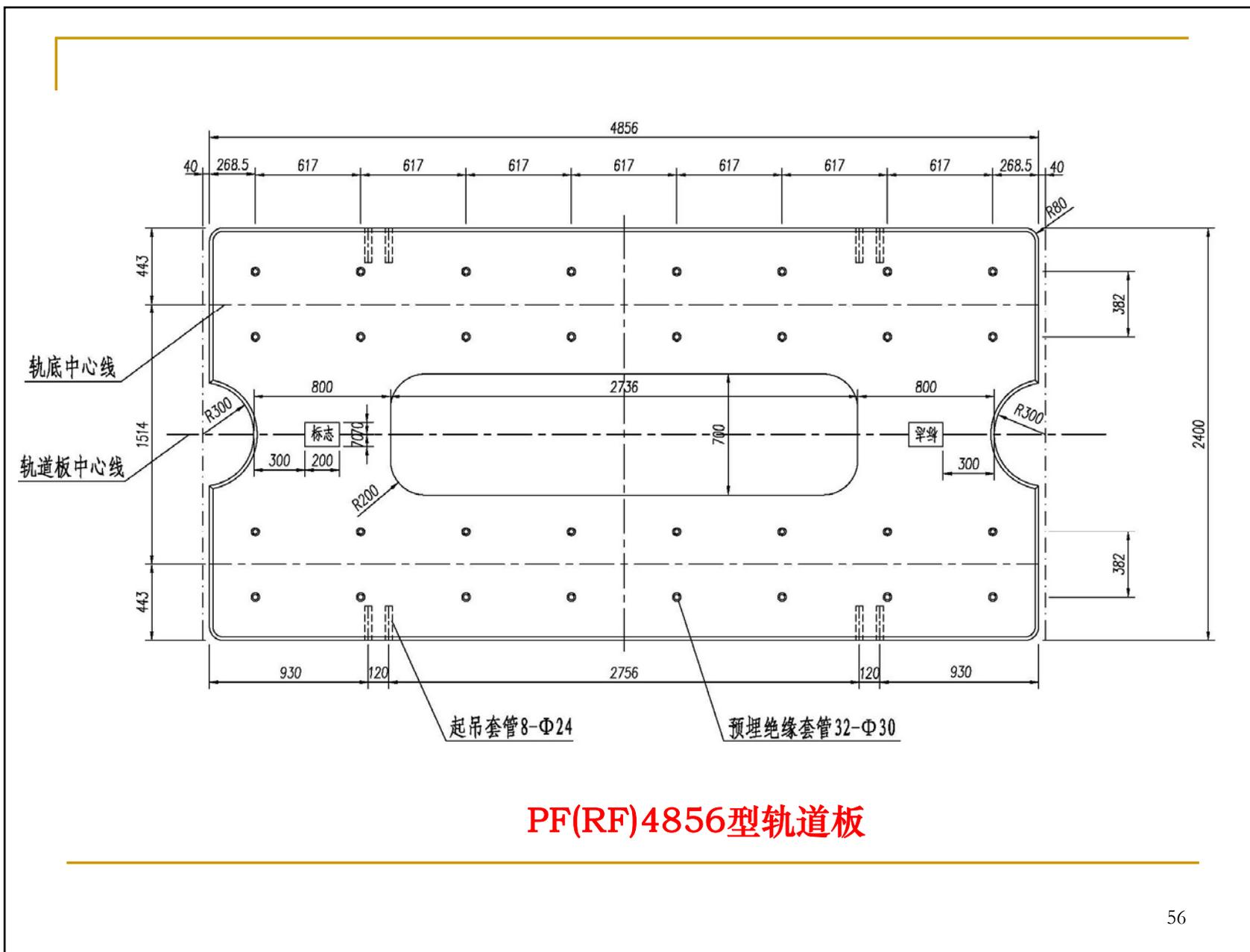
PF(RF)4962型轨道板



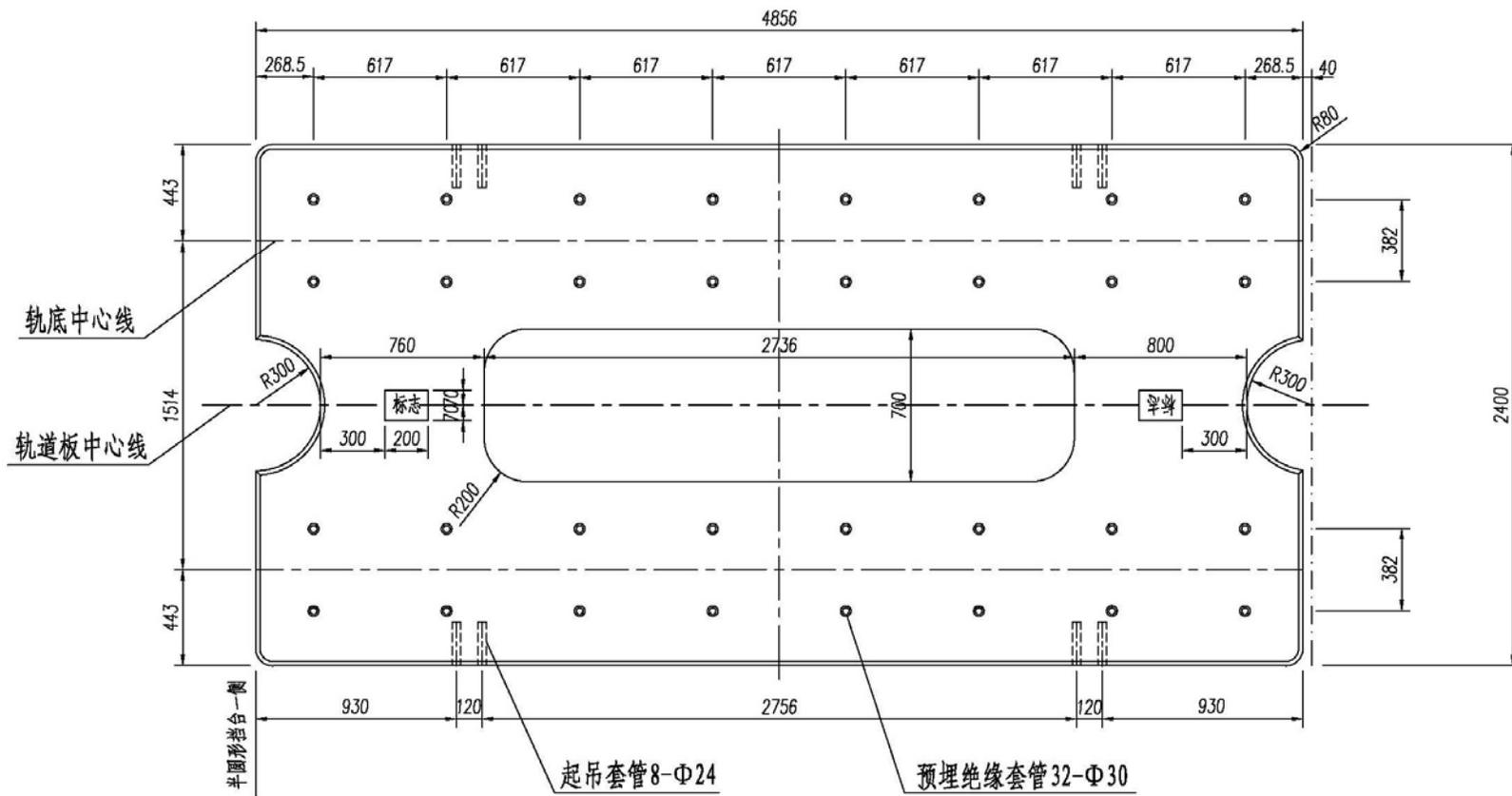
PF(RF)3685型轨道板







PF(RF)4856型轨道板

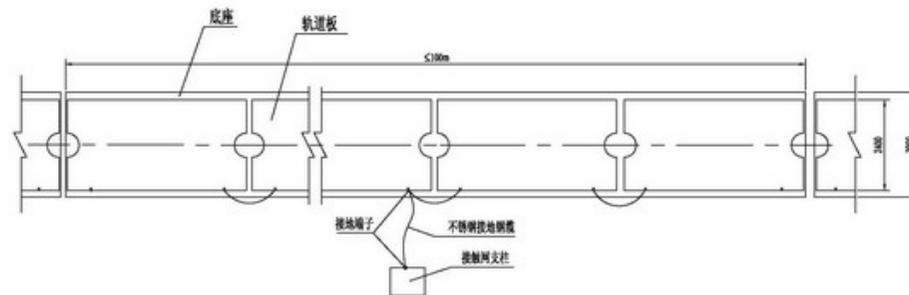


PF(RF)4856A型轨道板

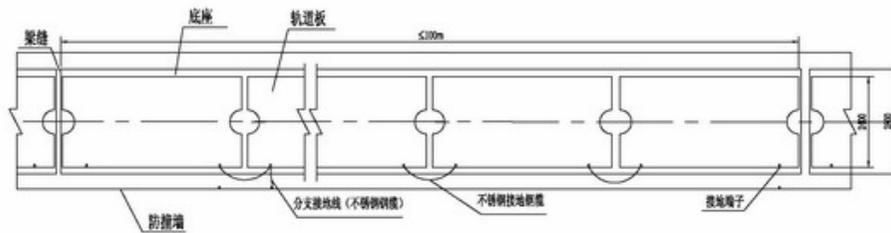
◆ 综合接地

CRTS I型板式无砟轨道通过轨道板内预埋接地端子实现综合接地。每100m形成一个接地单元，接地单元中部与“贯通地线”单点“T”形可靠连接。施工时应特别注意接地端子同侧布置以靠近接触网支柱、防撞墙。

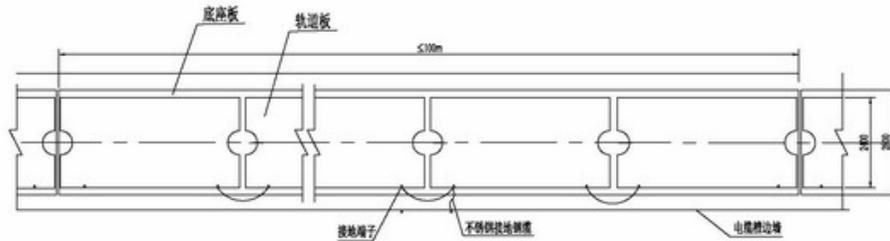




路板上板式无砟轨道综合接地示意图



桥梁上板式无砟轨道综合接地示意图



隧道内板式无砟轨道综合接地示意图

说明:

- 1、本图系根据铁集成(2006)220号及铁鉴函(2007)892号进行绘制;
- 2、将轨道板在纵向分成长度不大于100m的接地单位,每一单元与贯通地线单点“T”形连接一次;
- 3、轨道板接地端子采用接地电缆联接,再通过接地电缆连接到不同下部基础上的接地端子上;
- 4、接地端子材料G300Cr17Ni14Mo2;
- 5、接地电缆为不锈钢钢帽,截面不小于200mm²;
- 6、未尽事宜,请参照铁集成(2006)220号文和相关规范办理;
- 7、本图尺寸除注明外均以毫米计。

◆ 轨道绝缘

(1) 底座与凸形挡台钢筋：**建议**不进行绝缘。

(2) 轨道板内钢筋：进行绝缘

◆ **预应力钢棒**：无粘结钢棒表面有防腐润滑脂及塑料套管隔离，且纵、横向预应力筋不交叉。

◆ **锚具**：采用两块独立锚垫板代替原设计中纵向双孔锚垫板改，以保证预应力筋不形成闭合回路。

◆ **非预应力钢筋、箍筋、架立筋**：采用环氧树脂涂层钢筋进行绝缘，其技术要求应符合《环氧树脂涂层钢筋》（JG3042-1997）的相关技术规定(涂层厚度约0.2mm)。

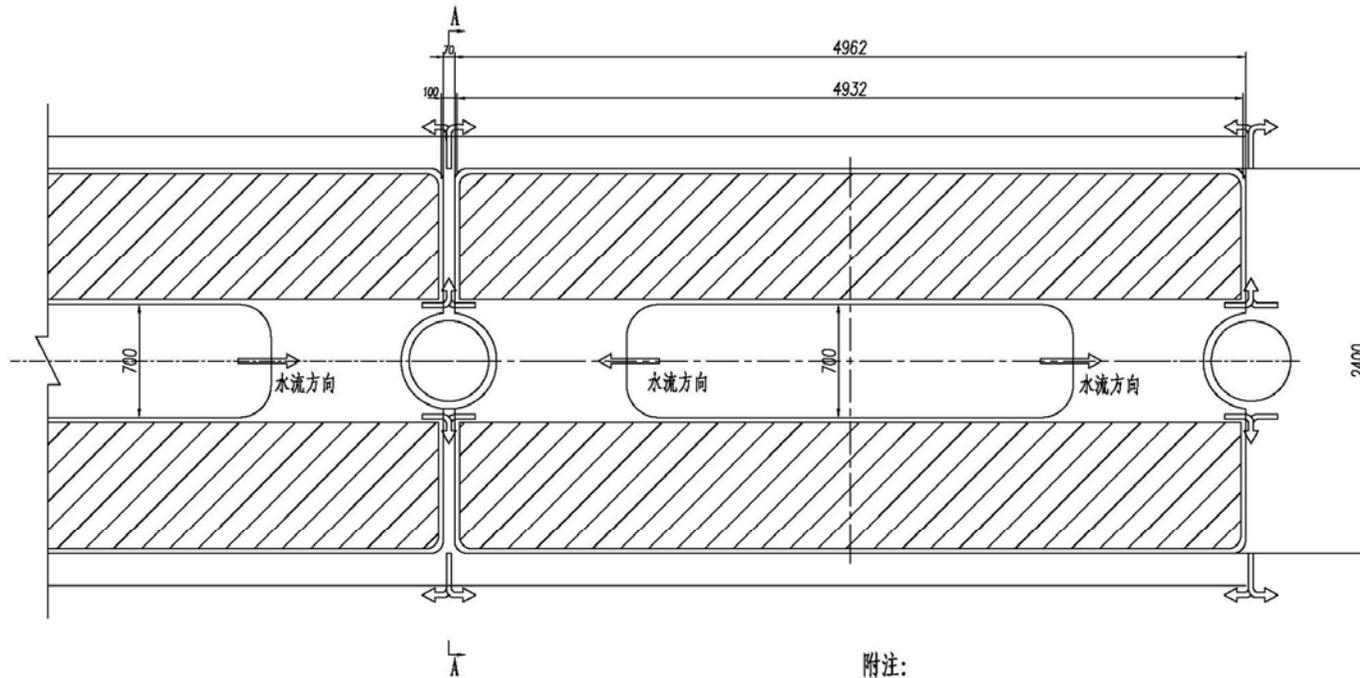
◆ **框架板**：横向钢筋采用环氧树脂涂层钢筋，纵向采用普通钢筋。

◆ **平板**：纵向钢筋采用环氧树脂涂层钢筋，横向采用普通钢筋。

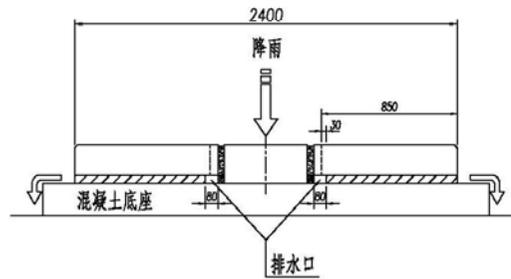
(三) 施工中应注意的问题

- ◆ 路基沉降、桥涵基础沉降、桥梁徐变、隧底沉降应符合《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》的相关要求后，方可铺设无砟轨道。
- ◆ 在底座混凝土拆模24h后，方可进行凸形挡台混凝土的浇注。
- ◆ 在混凝土未达到设计强度的75%之前，严禁各种车辆在底座上通行。
- ◆ 混凝土底座顶面高程的允许偏差为 $+3, -10\text{mm}$ ，凸形挡台中线允许偏差3mm，挡台中心间距偏差 $\pm 5\text{mm}$ ，轨道板与挡台间隙不得小于30mm。轨道板铺设前应严格检查底座和凸型挡台的施工偏差不符合要求不得进行轨道板的铺设。

- ◆ 轨道板铺设时应将接地端子布置在线路外侧；梁端异型板制造时应保证接地端子布置在板左、右两侧的板的数量相同，以满足同一孔梁两端轨道板接地端子同侧布置的要求。
- ◆ 应严格按照设计要求做好框架型板式轨道的排水系统，对于预应力平板应确保曲线地段板缝处排水通道的畅通；



A-A断面



附注:

1. 沿线路方向砂浆袋外侧与轨道板平齐, 砂浆袋内侧边缘距轨道板边30mm(不计砂浆袋缝切边缘);
2. 板缝处砂浆袋距轨道板内侧15mm;
3. 相邻轨道板板缝处应设置适当横向排水坡以保证排水畅通;
4. 平坡地段, 应在框架型轨道板中空部位底座设置纵坡;
5. 本图尺寸以mm计。

2. 轨道板吊装运输

- ◆ 轨道板应垂直立放，并采取防倾倒措施。相邻轨道板间用木块或橡胶垫块隔离。临时平放（不超过7d）时，堆放层数不超过4层，层间净空不小于20mm，承垫物距板端60cm，并保证承垫物上下对齐。
- ◆ 运输轨道板时要在卡车的载货台面和轨道板之间插入橡胶垫等，叠装时不要超过2层。
- ◆ 轨道板装卸时应利用轨道板上起吊装置水平吊起，四角均匀受力，严禁碰、撞、摔。
- ◆ 运输时应采取防止轨道板倾倒和三点支承的相应措施，并保证轨道板不受过大的冲击。



轨道板存放全景



轨道板防倾倒台架



轨道板间连接板



轨道板装载

4. 轨道板制造

(1) 轨道板接地

- ◆ 梁端异型板制造时应保证接地端子布置在板左、右两侧的板的数量相同；
- ◆ 轨道板上层横向钢筋及两端接地端子与纵向接地钢筋焊连；
- ◆ 钢筋焊接采用搭接焊工艺，钢筋间十字交叉时采用"L"形钢筋焊接，焊缝长度为单面焊接不小于100mm、双面焊接长度不小于55mm。

(2) 中心线的刻印

- ◆ 轨道板中心线刻印是通过在钢模上轨道板中心线位置预留凹槽形成
- ◆ 轨底中心线通过轨道板成品后弹墨线方式形成。

(四) CRTS I型板式无砟轨道通用图介绍

根据建技函[2008]6号文“关于尽快开展客运专线铁路无砟轨道通用参考图编制工作的通知”及铁工管[2008]249号“客运专线铁路无砟轨道专题会议纪要”要求，在充分吸收我国客运专线建设及无砟轨道技术再创新成果基础上编制本系列通用图。

目前“CRTS I型板式无砟轨道 时速200~250公里客运专线铁路通用参考图(通线(2008)2201)”及“CRTS I型板式无砟轨道 时速300~350公里客运专线铁路通用参考图(通线(2008)2301)”于2008年7月颁布。

1. 适用范围

本图适用于路基、隧道和常用跨度梁（ $L < 40\text{m}$ ）新建铁路旅客列车设计行车速度为 $300 \sim 350\text{km/h}$ 的标准轨距铁路CRTS I型板式无砟轨道设计,对于大跨度桥梁，应进行特殊设计和检算。

2. 设计依据及相关标准

- ◆ 《新建时速300～350公里客运专线铁路设计暂行规定》(铁建设[2007]47号)
- ◆ 《客运专线无砟轨道铁路设计指南》(铁建设函[2005]754号)
- ◆ 《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》(铁建设[2006]158号)
- ◆ 《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB10002.3-2005)(简称《桥规》)
- ◆ 《客运专线综合接地技术实施办法（暂行）》（铁集成[2006]220号）

- ◆ 《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》(铁建设[2005]157号)
- ◆ 《客运专线无砟轨道铁路工程测量技术暂行规定》(铁建设[2006]189号)
- ◆ 《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》(铁建设[2005]160号)
- ◆ 《铁路混凝土与砌体工程施工质量验收标准》(TB10424-2003)
- ◆ 《客运专线无砟轨道铁路工程施工质量验收暂行标准》(铁建设[2007]85号)
- ◆ 《客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道混凝土轨道板暂行技术条件》(科技基[2008]74号)
- ◆ 《客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道水泥乳化沥青砂浆暂行技术条件》(科技基[2008]74号)
- ◆ 客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道凸形挡台填充聚氨脂树脂(CPU)暂行技术条件》(科技基[2008]74号)
- ◆ 《客运专线铁路无砟轨道充填式垫板暂行技术条件》(科技基[2008]74号)

3. 轨道结构

◆ **钢轨**：钢轨采用60kg/m无孔热轧新轨，质量应符合《350km/h客运专线60kg/m钢轨暂行技术条件》(铁科技[2004]120号)及《客运专线250km/h和350km/h钢轨检验及验收暂行标准》(铁建设[2005]402号)的要求。线路按一次铺设跨区间无缝线路设计。

◆ **扣件**：采用WJ-7B型分开式扣件，扣件节点间距一般为629mm，特殊情况下不宜大于650mm,当节点间距大于650mm时应进行特殊检算。

◆ **超高设置**：CRTS I型板式无砟轨道线路曲线超高均在底座上设置，采用外轨抬高方式,并在缓和曲线区段完成过渡。

◆ **轨道电路绝缘**：轨道板采用环氧树脂涂层钢筋进行绝缘;在试验满足要求的前提下，底座及凸形挡台钢筋不作绝缘处理。

◆ **综合接地**：轨道板内应设置接地钢筋和接地端子。

4. 主要材料

◆**混凝土**：预制轨道板、底座及凸形挡台的混凝土材料应满足《客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道混凝土轨道板暂行技术条件》和《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》的相关技术要求。

◆**钢筋**：轨道板采用预应力钢棒、环氧树脂涂层钢筋、HRB335、HPB235和低碳冷拔钢丝等；混凝土底座和凸形挡台中采用HRB335、HPB235钢筋等。

◆**水泥乳化沥青砂浆**：水泥乳化沥青砂浆由水泥、乳化沥青、细骨料、水和外加剂等原材料组成。其原材料及砂浆的性能应满足《客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道水泥乳化沥青砂浆暂行技术条件》的相关要求。

◆**充填式垫板**：充填式垫板由注入袋及树脂浇铸体组成，用于轨道状态的精细调整。其技术性能应满足《客运专线铁路无砟轨道充填式垫板暂行技术条件》的要求。

◆**凸形挡台填充树脂**：凸形挡台填充树脂为双组分聚氨酯材料。其技术性能应满足《客运专线铁路CRTS I型板式无砟轨道凸形挡台填充聚氨酯树脂(CPU)暂行技术条件》的要求。

◆**伸缩缝填料**：采用聚乙烯泡沫塑料板或泡沫橡胶板填缝，采用聚氨酯或沥青软膏密封。

◆**预埋套管(含绝缘套管、起吊套管)**：轨道板预制时需预埋扣件绝缘套管和轨道板起吊用套管，其性能应符合相关制造验收技术条件的规定；

◆**接地端子与接地连接钢缆**：接地端子及接地连接钢缆的材料要求应参照铁集成[2006]220号文和相关规范要求办理。